

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Lina Baltikauskaitė

GEOTERMINĖS ENERGIJOS TECHNOLOGIJŲ PANAUDOJIMO
NAMŲ ŪKYJE EKONOMINĖ ANALIZĖ

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

**GEOTERMINĖS ENERGIJOS TECHNOLOGIJŲ PANAUDOJIMO
NAMŲ ŪKYJE EKONOMINĖ ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

Elektros energetikos sistemų programa (621H63005)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

(data) 2016

Recenzentas

(parašas)

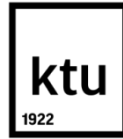
(data)

Projektą atliko

(parašas) Lina Baltikauskaitė

(data) 2016

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Elektros ir Elektronikos Fakultetas
Lina Baltikauskaitė
Elektros Energetikos Sistemų programa (621H63005)

Baigiamojo projekto „Geoterminės energijos technologijų panaudojimo namų ūkyje ekonominė analizė“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2016m. birželio 2 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Linos Baltikauskaitės**, baigiamasis projektas tema „Geoterminės energijos technologijų panaudojimo namų ūkyje ekonominė analizė“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardas, pavardė)

(parašas)

Baltikauskaitė L. Geoterminės energijos panaudojimo namų ūkyje ekonominė analizė. Magistro baigiamasis projektas. Vadovė doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Kaunas, 2016. 51 psl.

SANTRAUKA

Baigiamojo magistro darbo užduotis parodo geoterminės energijos panaudojimą pastatų šildymui ir karšto vandens paruošimui, atsižvelgiant į investicijų ir eksploatacinių kainas. Įvade yra pateikiama informacija apie temos aktualumą, pateikiamas darbo tikslas tai pat darbo uždaviniai.

Teorinėje dalyje apžvelgiamos geoterminės energijos savybės, jos panaudojimas ne tik pastatų šildymui, bet ir elektros gamybai. Tiriamojoje dalyje skaičiuojamos geoterminio šildymo skirtingų technologijų įrengimo investicijos, metinis energijos poreikis šildymui, karštam vandeniui bei metinis elektros energijos poreikis. Parodomas geoterminio šildymo ekonominis vertinimas. Ekonominė nauda šiame darbe vertinama skaičiuojant sąlyginę diskontuotą šiluminės energijos kainą.

Darbo pabaigoje yra pateikiamos darbo išvados, palyginami darbo rezultatai. Parenkama optimali saulės kolektorių sistema karšto vandens ruošimui.

Reikšminiai žodžiai: geoterminė energija, šilumos siurblys, ekonominis vertinimas.

Baltikauskaitė L. Final Project of Economic analysis of geothermal energy technologies use in household. Master of Electrical Power. Supervisor Inga Konstantinavičiūtė; Kaunas University of Technology , Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Power Systems.

Kaunas, 2016, 51 pages.

SUMMARY

The present study investigates the usage of geothermal energy for the household needs and for hot water heating. The introduction contains information about the relevance of the topic, goals and objectives of the present investigation.

The theoretical part provides an overview of geothermal energy properties, its use not only for heating buildings, but also for electricity generation. It also provides technology used for heating buildings, their advantages and disadvantages.

In the present analysis is calculated geothermal heating technology investments, annual energy demand for heating, hot water, and the annual electricity demand. Displays geothermal heating economic assessment. The economic benefits of this work evaluated by calculation of the relative thermal energy discounted price.

Finally, the present study includes the conclusions, comparable results of the work and selected optimal solar hot water system.

Keywords: geothermal energy, heat pump, an economic assessment.

Turinys

Įvadas	10
1. GEOTERMINĖ ENERGIJA	12
1.1. Geoterminė energija Lietuvoje	13
1.1.1. Klaipėdos geoterminė jėgainė	13
1.2. Geoterminė energija pasaulyje	14
2. GEOTERMINĖS ENERGIJOS NAUDOJIMO SKATINIMO POLITIKA	16
3. STIMULIUOTOS SAUSŲ UOLIENŲ GEOTERMINĖS SISTEMOS	17
3.1. Geologinių šilumokaičių įrengimo plėtros raida	17
3.2. Sausų stimuliuotų telkinių geoterminės jėgainės pasaulyje	18
4. GEOTERMINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO PASTATŲ ŠILDYMOI GALIMYBIŲ ANALIZĖ	20
3.1. Sistema gruntas-vanduo	20
3.2. Sistema vanduo-vanduo	21
3.3. Sistema oras-vanduo	22
3.4. Akumuliacinė talpa	23
5. GEOTERMINĖS ENERGIJOS KONKURENCINGUMO ANALIZĖ	23
6. GEOTERMINĖS ENERGIJOS TECHNOLOGIJŲ IR JŲ ĮDIEGIMO KAŠTŲ ANALIZĖ	27
6.1. Šilumos siurblio eksploatacinės išlaidos	34
6.3. Šildymo sistemos pasirinkimas	35
6.2.1. Šildymas dujomis	37
6.2.2. Šildymas kieto kuro katilu	37
6.2.3. Šildymas elektra	38
7. EKONOMINIO EFEKTYVUMO VERTINIMO METODIKA	38
7.1. Projekto vertinimo metodika	38
8. PASTATO ŠILMOS ŠALTINIO PARINKIMO ANALIZĖ	41
8.1. Šilumos šaltinio variantų techninė – ekonominė analizė	41
8.1.1 Šilumos siurblys su horizontaliu grunto kontūru	41
8.1.2 Šilumos siurblys su horizontaliu į tvenkinį panardintu kontūru	44
8.1.3 Šilumos siurblys su vertikaliu grunto kontūru	44
8.1.4 Šilumos siurblys oras-vanduo	45
8.1.5 Variantų apibendrinimas	46

9. SAULĒS KOLEKTORIŲ SISTEMOS BUITINIO KARŠTO VANDENSRUOŠIMUI (SU PLOKŠČIAISIAIS SAULĒS KOLEKTORIAIS) OPTIMALAUS VARIANTO PARINKIMAS BEI EKONOMIS ĮVERTINIMAS	47
Išvados	50
Literatūra	51

Lentelių sąrašas

- 1 lentelė. Bendra jėginių galia ir pagamintos energijos kiekis tam tikrais metais
- 2 lentelė. Šildymo kainos tarp skirtingų šildymo sistemų
- 3 lentelė. Modulių kainos
- 4 lentelė. Suvartojamas elektros energijos kiekis su karšto vandens ruošimu
- 5 lentelė. Mėnesinis suvartojamas elektros energijos kiekis
- 6 lentelė. Modulių kainos
- 7 lentelė. Modulių kainos
- 8 lentelė. Modulių kainos
- 9 lentelė. Modulių kainos
- 10 lentelė. Modulių kainos
- 11 lentelė. Lyginamosios investicijos į šilumos siurblio sistemą
- 12 lentelė. Šilumos siurblio eksplotacinės išlaidos
- 13 lentelė. Dujinio šildymo privalumai ir trūkumai
- 14 lentelė Šildymo kietu kuru privalumai ir trūkumai
- 15 lentelė. Šildymo elektra privalumai ir trūkumai
- 16 lentelė. Šilumos siurblys su horizontaliu grunto kontūru, 120 m²
- 17 lentelė. Šilumos siurblys su horizontaliu į vandenį panardintu kontūru, 120 m²
- 18 lentelė. Šilumos siurblys su vertikaliu grunto kontūru, 120 m²
- 19 lentelė. Šilumos siurblys su oras – vanduo, 120 m²
- 20 lentelė. Šildymo būdo variantų investicijos, diskontuotos išlaidos, diskontuota energijos kaina

Paveikslų sąrašas

- 1 pav. Geoterminės energijos jėginės ir jų galingumas skirtinguose pasaulio žemynuose
- 2 pav. Horizontalaus šilumos kolektoriaus įrengimas grunte
- 3 pav. Vertikalaus šilumos kolektoriaus įrengimas
- 4pav. Oro šilumos siurblio įrengimas

5 pav. Bendros išlaidos per 10 metų skirtingoms šildymo sistemoms

6 pav. Investicijų dydis skirtingoms šildymo sistemoms ir šildymo išlaidos per 1 metus

7 pav. Įvairių gamintojų šilumos siurblio modulio santykinės kainos palyginimas (tpas: žemėvandu)

8 pav. Energijos suvartojimas individualiame name be šilumos siurblio ir su šilumos siurbliu

9 pav. Šilumos vieneto kaina, Eur/kWh 2016 m. (kainos be investicijų į įrangą)

10 pav. Šilumos siurblio kainos priklausomybė nuo galios

11 pav. Prognozuojama elektros energijos kaina buitiniams vartotojams 2016 – 2031 m.

12 pav. Metinės išlaidos energijai prieš ir po geoterminio šildymo sistemos įrengimo

13 pav. Diskontuota energijos kaina per 15 metų

14 pav. Projekto informacija

15 pav. Rajono sąlygos, mėnesiniai rodikliai

16 pav. Sistemos charakteristikos

Įvadas

Milijonus metų mūsų planetos miškai bei augalai gamino deguonį, kuriuo mes šiandien kvėpuojame. Iš jo, per daugelį metų, žemė suformavo tokius produktus kaip anglis, nafta, gamtinės dujos ir t.t. Šiandien žmonės naudoja būtent tą iškastinį kūrą, kuris savo laiku susidarė iš deguonies ir dabar degdamas išskiria CO₂.

Be to, kad atmosferoje didėja CO₂ kiekis, dar vyksta ir kitas fenomenalus reiškinys: didėja metano dujų koncentracija atmosferoje. Šie reiškiniai vyksta dėl keleto priežasčių. Viena iš jų – visame pasaulyje padidėjęs gamtinių dujų išgavimas bei suvartojimas. Auganti CO₂ bei metano dujų koncentracija, žymiai padidino natūralų garavimo procesą ir kelia grėsmę žemės klimatui. Todėl energijos vartojimo pastatuose mažinimas bei atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas pastatų sektoriuje yra ypač svarbus mažinant aplinkos taršą.

Geoterminė energija - tai energija paaimama iš gilesniu žemės sluoksnių ir panaudojama pastatų šildymui, elektros gaminimui ar pritaikoma gydymo, poilsio ir sveikatos profilaktikos srityse, žemės ūkyje, pramonėje, kelių, lėktuvų nusileidimo takų sniego-ledo tirpinimui ir kt.

Šilumos siurbliai, vadinami geoterminio šildymo sistemos širdimi, dirba be jokių emisijų į aplinką. Tai reiškia, šilumos siurblys neišskiria nei CO₂, nei kitų kokių nors kenksmingų medžiagų. Šiluminė energija šiuo atveju yra gaunama iš švarios ir saugios saulės energijos.

Kitas labai svarbus šios sistemos aspektas yra eksplotacinės išlaidos. Europoje ir kitose išsivysčiusiose šalyse, įprastas šildymas (kietu, skystu ar dujiniu kuru) jau “išeina iš mados”. Šildymo sistemos su šilumos siurbliu vis labiau populiarėja ne tik Europoje, bet ir Lietuvoje. Šilumos siurblys, paima ir perkelia į namą nuo 60 iki 80 % nieko nekainuojančios energijos iš aplinkos.

Didelės investicijos į šią sistemą vis dar stabdo spartesnį jos populiarėjimą, tačiau siekiant skatinti naudoti atsinaujinančius energijos šaltinius, tarp jų ir žemės gelmių šiluminės energijos išteklius, sudarytos galimybės gauti subsidijas už geoterminių šildymo sistemų įrengimą.

Darbo aktualumas – siekiant darnios energetikos sistemos plėtros, mažinant aplinkos taršą ir klimato kaitą, į šiuolaikinės energetikos sistemą įvedamos naujos enerijos išgavimo technologijos, viena jų – geoterminės energijos panaudojimas. Norint įsitikinti šios šildymo technologijos konkurencingumu, aktualu ją palyginti su kitomis šildymo technologijomis, kurios yra plačiai taikomos šių dienų pastatų šilyms, vėsinimui bei elektros energijos gamybai. Taip pat aktualu apskaičiuoti ir palyginti galimų alternatyvių energijos išgavimo sistemų įdiegimo bei eksploatacijos kaštus konkrečiam pastatui ar namų ūkiui. Geoterminės energijos išgavimo sistemos ir jos

eksploatacijos kaštai nėra dideli lyginant su kitomis energijos išgavimo technologijomis, tačiau tokios sistemos įrengimas yra vienas iš brangiausių, tai daro šį palyginimą dar reikšmingesnį.

Darbo tikslas – geoterminės energijos technologijų panaudojimo ekonominė analizė. Šiam tikslui pasiekti, keliami tokie **darbo uždaviniai**:

- Įvertinti įvairius aktualius ekonominius ir aplinkosauginius aspektus susijusius su geoterminės energijos panaudojimu;
- Išanalizuoti geoterminės energijos naudojimo skatinimo politiką ir taikomas priemones;
- Apžvelgti geoterminius išteklius ir potencialą Lietuvoje;
- Išanalizuoti geoterminės energijos technologijas;
- Apžvelgti geoterminės energijos panaudojimo elektros energijos gamybai galimybes;
- Atlikti geoterminės energijos technologijų įdiegimo ekonominio efektyvumo įvertinimą.

Tyrimų metodika – vertinant investicinius projektus būtina atsižvelgti ne tik į projektuojamų pinigų srautų dydžius, bet ir įvertinti esamų bei būsimų finansų santykinę vertę, t.y. atsižvelgti į pinigų laiko vertės sąvoką. Vertinant investicinių projektų efektyvumą, naudotina metodika, kuri yra paremta diskontavimu. Investiciniai projektai gali būti vertinami naudojant keletą finansinės analizės metodų. Vienas jų, atsipirkimo laikas - tai vienas iš paprasčiausių ir plačiausiai naudojamų būdų projekto vertei nustatyti. Sekantis būdas, dabartinė grynoji vertė (NPV) – tai bendro viršpelnio, gauto per visą projekto gyvavimo laiką, dabartinės vertės matas. Kitas būdas, Įplaukų ir išlaidų santykis (B/C), kitaip vadinamas investicijų rentabilumo indeksas, naudojamas nustatyti įplaukų dabartinės vertės ir išlaidų dabartinės vertės santykį.

1. GEOTERMINĖ ENERGIJA

Geoterminė energija - tai energija paaimama iš gilesniu žemės sluoksnių ir panaudojama pastatų šildymui, elektros gaminimui ar pritaikoma gydymo, poilsio ir sveikatos profilaktikos srityse, žemės ūkyje, pramonėje, kelių, lėktuvų nusileidimo takų sniego-ledo tirpinimui ir kt.

Ši energija gali būti pasisavinama šiais būdais:

- karšto vandens arba garų rezervuarai bei telkiniai, esantys giliai žemėje bei pasiekiami darant gręžinius;
- geoterminiai rezervuarai esantys negiliai žemės paviršiuje, kur žemės paviršius išlaiko santykinai pastovią 10 - 15 °C temperatūrą;
- šalyse kuriose yra padidėjęs Žemės šilumos srautas, tačiau uolienose nėra vandens yra naudojama speciali technologija, besiremianti stimuliuotų sausų uolienu koncepcija. Tokių sistemų pagrindas yra požeminio šilumokaičio sukūrimas sausose uolienose. Šilumokaitis formuojamas gręžiniais pumpuojant vandenį į uolienas dideliu slėgiu (procesas vadinamas hidrosuplėšymu), kuris viršija uolienu atsparumą ir atidaro esančius uolienoje plyšius bei plėšo naujus. Taip įrengiamas stimuliuotų plyšių koridorius, į kurį gręžiniais pumpuojamas šaltas vanduo, jis įkaista iki uolienu temperatūros (150-200 °C) ir jau karštas gražinamas į paviršių. Tad pagrindinis tokių sistemų sėkmės pagrindas yra požeminio šilumokaičio suformavimas, kuris yra labai sudėtingas.

Geoterminę energiją galima plačiai taikyti, nes yra ekonomiška. Lyginant su kitais AEI geoterminė energija turi ganėtinai daug privalumų. Visų pirma tai, kad šis būdas yra saugus aplinkai, neišmeta į atmosferą CO₂, neužima didelių plotų yra mažai „matoma“, nepadaro žalos natūraliai aplinkai, šią energiją gali naudoti ir individualūs vartotojai, ir stambios įmonės. Taip suteikiama rinkai lankstumo.

Pagrindiniai geoterminės energetikos trūkumai yra tai, jog ne visose vietovėse šie ištekliai yra prieinami, lėtai atsinaujina (apie 100 metų) reikalingos didelės investicijos į technologijas. Be to, šios energijos išgavimą apriboja nemažai techninių problemų, susijusių su jėgainių eksploatavimu. Geoterminė energija, skirtingai nuo saulės, vėjo, biokuro nėra matoma ir jaučiama, todėl sunkiai „apčiuopiama“ ir suprantama visuomenei, sunkiai skinasi kelią tarp kitų energetinių resursų. Tačiau sunku net įsivaizduoti, kokie milžiniški energijos resursai glūdi mums po kojomis. Tai energija, kuri stumdo milžiniškas litosferos plokštes, sukeldama žemės drebėjimus, vulkanus.

1.1. Geoterminė energija Lietuvoje

1989 m. pirmieji geoterminiai gręžiniai Lietuvoje išgręžti Vydmantuose, jų gylis daugiau kaip du kilometrai. Gręžiniai išbandyti 1993-1994 metais, pasiekta geoterminio vandens temperatūra 74 °C. Vydmantų daržininkystės ūkis, kuriam tada priklausė gręžiniai, planavo pastatyti geoterminę jėgainę ir tiekti šilumą šiltnamiams ir Vydmantų gyvenvietei, tačiau, bankrutavus daržininkystės ūkiui neliko šilumos vartotojo ir jėgainė nepastatyta. Praėjus 8 metams, buvo pradėta statyti Klaipėdos bandomoji jėgainė ir 2004 metais pripažinta tinkama eksploatuoti.

Lietuvoje yra išskirtinai geros geologinės sąlygos, kadangi Vakarų Lietuvoje Žemės šilumos srautas yra dvigubai didesnis, nei įprastinis. Šilumos srauto intensyvumas siekia 70-90 mW/m² (Rytų Europoje 43 mW/m²). Didžiausia intruzija nustatyta G.Motuzos pietinėje Vakarų Lietuvos dalyje, jos plotis siekia 30×40 km. Panašios geologinės sąlygos surastos Lietuvos pajūryje. Atitinkamai, šiuose plotuose yra ir didžiausias geoterminis gradientas, kuris siekia 40-45°C/km, kituose Vakarų Lietuvos vietose jis kiek mažesnis – 32-38 °C/km. Būtent šiuose dviejuose plotuose, pajūryje ir pietinėje Vakarų Lietuvos dalyje, yra didžiausia geoterminių jėgainių statybos perspektyva. Palyginimui, rytinėje Lietuvos dalyje geoterminis gradientas tėra 20-25 °C/km [1].

Perspektyvios temperatūros gaminti elektrai Lietuvoje gali būti pasiektos dvigubai mažesniuose gyliuose, kas žymiai sumažina kaštus, kurie yra labai dideli jei reikalingi labai gilūs gręžiniai. Dar prieš penkis metus perspektyviomis buvo laikomos 200 °C ir aukštesnės temperatūros. Gerėjant technologijoms ekonominė riba dabar jau siekia 120-150°C ir ateityje dar mažės [1].

1.1.1. Klaipėdos geoterminė jėgainė

Klaipėdos parodomoji geoterminė jėgainė pradėta statyti 1997 metais, vykdant Lietuvos nacionalinės energetikos strategiją. Lietuvos Respublikos valstybės lėšomis. Tačiau tik 2004 m. birželį Valstybinė komisija naująją jėgainę pripažino tinkama naudoti. Pradėjus veikti geoterminei jėgainei, tradicinėse katilinėse sumažėjo apkrovimas, mažiau sudeginama mazuto, atitinkamai sumažėjo ir atmosferos tarša. Tiesa sekliosios geotermijos atveju, kai iš grunto, vandens ar oro imama energija šildomi ar vėsinami namai, daugiabučiai ar kitokie pastatai, teorinė taršos galimybė egzistuoja. Kadangi tokioms sistemoms naudojamas vadinamasis šalčio skystis, kuris ištekėjęs galbūt gali padaryti neigiamą poveikį aplinkai ar gruntiniams vandenims.

Jėgainės projekto vertė - 21,5 mln eurų. Projektinis gamybinis pajėgumas 41 MW. Bendras dabartinis jėgainės pajėgumas 35 MW tai yra, 13,6 MW iš geoterminio vandens 21,4 MW iš vandens šildymo katilų karšto vandens (absorbicinių šilumos siurblių varomojo energija) [2].

Per 2014 metus jėgainė pagamino 51 tūkst. MWh, iš jos 10,8 tūkst. MWh geoterminės. Tuo pačiu į aplinką nebuvo išmesta 2260 tonų CO₂ ir sutaupyta 119000 m³ dujų. 2015 metais buvo pagaminta 34 tūkst. MWh šilumos, iš jos 9 tūkst. MWh geoterminės [2].

Jėgainė sudaryta iš 4 gręžinių. Du yra skirti paimti vandeniui iš devono sluoksnio, esančio 1135 metrų gylyje, siurbliais, įleistais į 300 metrų gylį. Vandens temperatūra čia siekia 38 °C. Vėliau ši šiluma naudojama iš miesto atkeliavusiam (40 °C) termofikaciniam vandeniui šildyti. Pašildžius jį iki 70 °C temperatūros, vanduo keliauja atgal į miestą.

Esant netolygiam karšto vandens naudojimui, jėgainėje pagaminta šiluma akumuliuojama į termofikacinio vandens rezervuarą. Iš vieno gręžinio per valandą gaunama 300 m³ vandens. Per du injekcinius gręžinius geoterminis vanduo, atvėsintas iki 11 °C ir išvalytas kelių lygių filtruose, gražinamas atgal į žemę, į tą patį sluoksnį 1135 m gylyje [2].

Klaipėdos geoterminius vandenį taip pat būtų galima panaudoti ir sveikatinimo sferoje. Jau planuojama įrengti pusiau atvirą visus metus veikiančią geoterminio vandens baseiną, Klaipėdos pietinėje pusėje. Bus realizuojama 100 m³ mineralinio vandens per parą. Esant reikalui – ir daugiau. Tai ypač naudinga, kadangi geoterminio vandens panaudojimo galimybės didžiulės, o pradinės investicijos – nulinės, nes gręžiniai jau veikia [3].

Yra dar daug galimybių ir variantų geoterminei energijai Lietuvoje panaudoti. Atlikti labai originalūs vertinimai, kaip iš geoterminės energijos gauti elektros energiją. Apskaičiuota, kaip Klaipėdos miestą aprūpinti žemės gelmių elektros energija. Be to, dar daug kur kitur galima pritaikyti geoterminę energiją: maistui konservuoti, pienui pasterizuoti, cementui džiovinti, organinėms medžiagoms, žolei, daržovėms, žuviai džiovinti, ledui greitai tirpinti (šia galimybe galėtų pasinaudoti oro uostai lėktuvų nusileidimo takų priežiūrai žiemos metu), grybams auginti, dirvai šildyti, žuvims veisti ir auginti bei kitur.

1.2. Geoterminė energija pasaulyje

Praėjo jau daugiau kaip 100 metų, nuo to momento, kai 1904 metais Larderello vietovėje Italijoje princas Conti įžiebė elektros lemputę naudodamas geoterminę energiją, tiksliau iš gelmių besiveržiantį garą. O dar po septynių metų 1911 metais buvo pastatyta ir pirmoji pasaulyje geoterminė jėgainė Pietų Toskanoje Velnių slėnyje, taip vadinamame dėl besiveržiančio iš Žemės gelmių garo. Dabar Lardrello tiekia apie 10 % (4800 GWh per metus) visos pasaulyje gaminamos geoterminės elektros. Ši elektrinė išliko vienintele pasaulyje daugiau kaip pusę amžiaus, kol 1958 metais Naujojoje Zelandijoje buvo įkurta antroji geoterminė jėgainė. Per pastaruosius penkiasdešimt metų į geoterminės elektros gamybos „klubą“ jau įstojo dvidešimt keturios šalys. Bendra

geoterminių jėginių galia yra 12,6 tūkst. GWe, jos pagamina 73,5 tūkst. GWh elektros energijos per metus [4].

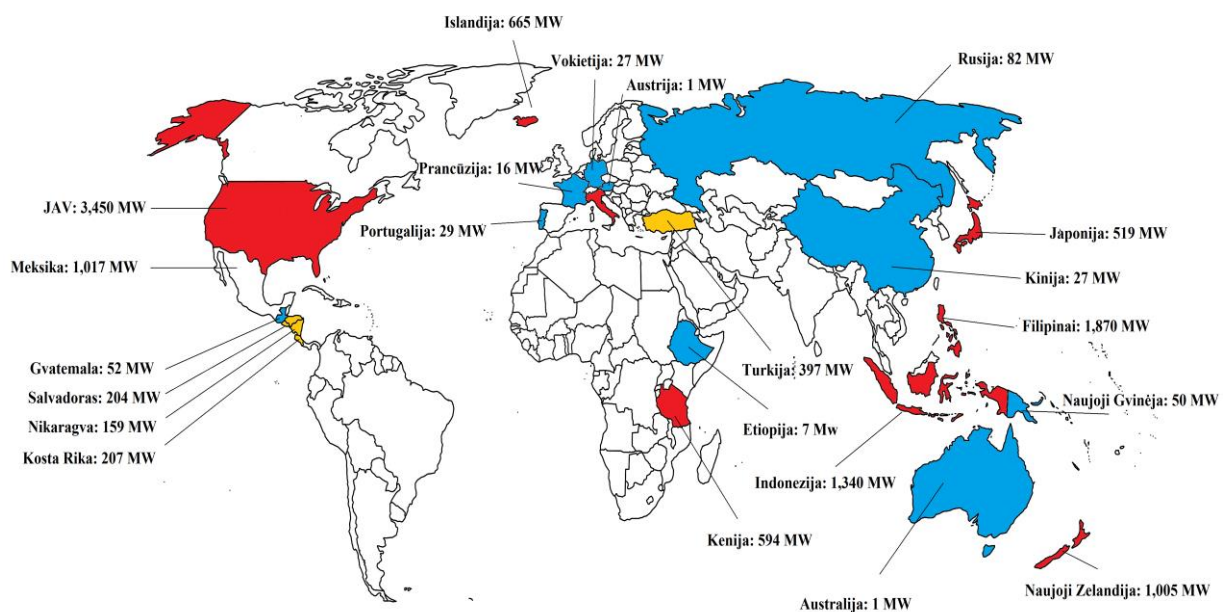
1 lentelėje pateikta bendra jėginių galia ir pagamintos energijos kiekis tam tikrais metais.

1 lentelė. Bendra jėginių galia ir pagamintos energijos kiekis tam tikrais metais [4]

Metai	Bendra galia, MWe	Pagaminta energija, MWh
1995	6,832	38,035
2000	7,972	49,261
2005	8,933	55,709
2010	10,897	67,246
2015	12,635	73,549

Pagal instaliuotą galią pasaulyje pirmauja Azija (4,81 GW), toliau Šiaurės Amerika (3,45 GW), Europa (2,13 GW), Pietų Amerika (1,64 GW) ir Afrika (0,6 GW) [4].

Plačiausia geoterminės energijos jėginių grupė pasaulyje yra JAV geotermijos laukų Kalifornijoje vietovėje The Geysers. Filipinai ir Islandija yra vienintelės šalys, generuojančios reikšmingą dalį jų elektros gamybos panaudojant geoterminę energiją. Abiejose šalyse 15-20 % energijos gaunama iš geoterminių jėginių.



1 pav. Geoterminės energijos jėginės ir jų galingumas skirtinguose pasaulio žemynuose [4]

2. GEOTERMINĖS ENERGIJOS NAUDOJIMO SKATINIMO POLITIKA

Atsinaujinantieji energijos ištekliai (vėjo, saulės, hidroelektrinių, vandenynų, geoterminė energija, biomasė ir biokuras) yra alternatyva iškastiniam kurui. Jie padeda mažinti išmetamą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį, įvairinti energijos tiekimą ir sumažinti priklausomybę nuo nestabilios iškastinio kuro rinkos (ypač naftos ir dujų).

2009 m. Europos Parlamentas ir Taryba priėmė Direktyvą 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją, iš dalies keičiančią bei vėliau panaikinančią Direktyvas 2001/77/EB ir 2003/30/EB. Direktyvoje kiekvienai Europos Sąjungos (ES) valstybei nustatyti individualūs privalomi nacionaliniai planiniai rodikliai, kuriais apibrėžiama, kokią bendro galutinio energijos suvartojimo dalį 2020 m. turi sudaryti atsinaujinančių išteklių energija ir nustatyta, kad kiekvienos valstybės narės bent 10 % transporto sektoriuje suvartojamos galutinės energijos turi sudaryti atsinaujinančių išteklių energija. Lietuva turi užtikrinti, kad 2020 m. atsinaujinančių išteklių energijos dalis nuo bendrojo galutinio energijos suvartojimo sudarytų ne mažiau kaip 23 %

2014 m. AEI dalis bendrame šalies energijos balanse sudarė 24,23 % Lietuvos įsipareigojimas iki 2020 m. užtikrinti, kad 23 % energijos būtų pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių, jau pasiektas, ir iki termino pabaigos tikrai bus viršytas. Pagal EK energijos planą tikimasi, kad 2050 m. iš atsinaujinančių energetikos išteklių kiekviena sąjungos narė pasigamins 50–75 % viso savo energijos poreikio, tuo siekdama klimato taršos mažinimo tikslų.

Siekiant skatinti naudoti atsinaujinančius energijos, tarp jų ir žemės gelmių šiluminės energijos, išteklius, sudarytos galimybės gauti subsidijas už geoterminių šildymo sistemų įrengimą. Geoterminių gręžinių sistemų tvarkos apraše nurodomi bendrieji techniniai ir aplinkosauginiai reikalavimai, kurių būtina laikytis. Nurodyta, kaip įrengti gręžinius išvengiant neigiamų pasekmių žemės gelmėms, kad geoterminiame gręžinyje įrengtas vamzdynas, kuriuo išgaunama geoterminė energija, gali būti užpildomas tik netoksiškais ir biologiškai greitai degraduojančiais tirpalais, kurių saugos duomenų lapuose nurodyta, kad jie pagal ES kriterijus nepavojingi aplinkai. Siekiant apsaugoti esamus infrastruktūros objektus nuo galimo neigiamo poveikio įrengiant vertikalinius geoterminus gręžinius, tvarka reglamentuoja ir minimalius atstumus nuo vieno ar kito objekto. Leidimas naudoti geotermines gręžinių sistemas yra Lietuvos geologijos tarnyboje užregistruotas Geoterminių gręžinių sistemos pasas. Numatyta, kad įrenginiams, kurių įrengtoji galia yra mažesnė už 30 kW, Žemės gelmių registre įregistruotas Žemės gelmių šiluminės energijos sistemos pasas kartu yra ir leidimas naudoti šiluminę energiją. Didesnės galios įrenginių savininkai privalo turėti Lietuvos geologijos tarnybos suteiktą ir šiluminės energijos naudojimo leidimą. Atsinaujinančių

energijos išteklių, ir žemės gelmių šiluminės energijos išteklių panaudojimas skatinamas skiriant lėšų iš Klimato kaitos specialiosios programos. Programoje, kurios sąmatą kas metai tvirtina Aplinkos ministras, yra numatytos subsidijos ir kompensacijos geoterminės energijos naudojimui visuomeninės ir gyvenamosios (įvairių socialinių grupių asmenims) paskirties pastatuose, tiek ir jos naudojimui individualiuose gyvenamosios paskirties pastatuose.

3. STIMULIUOTOS SAUSŲ UOLIENŲ GEOTERMINĖS SISTEMOS

3.1. Geologinių šilumokaičių įrengimo plėtros raida

Aukštos temperatūros, viršijančios 100°C Lietuvoje pasiekiamos tik kristalinio pamato uolienose. Nepaisant aukštų temperatūrų, čia trūksta pagrindinės komponentės jėgainės įrengimui – požeminio vandens, kurį panaudojus būtų galima tas aukštas temperatūras eksploatuoti. Panaši situacija yra ir daugelyje pasaulio šalių. Todėl buvo sukurta speciali technologija, vadinamosios stimuluotos sausų uolienų geoterminės sistemos, kurios šiuo metu yra aktyviai plėtojamose. Tokių sistemų pagrindas yra požeminio šilumokaičio sukūrimas pumpuojant vandenį į uolieną gręžiniais dideliu slėgiu (procesas vadinamas hidrosuplėšymu), kuris viršija uolienų atsparumą ir taip atveriant jau esančius uolienoje plyšius bei formuojant naujus. Taip suformuojamas stimuluotų plyšių koridorius, kuriuo cirkuliuoja gręžiniais pumpuojamas vanduo, jis įkaista iki uolienų temperatūros ir įkaitęs yra gražinamas į paviršių. Apibendrinus galima teigti, kad pagrindinė tokių sistemų problema yra sėkmingas požeminio šilumokaičio suformavimas, kuri, pasirodė, besanti labai sudėtinga [1].

Geologinių šilumokaičių įrengimo eksperimentai buvo pradėti jau aštuntojo dešimtmečio pradžioje - Los Alamos (JAV) 1973 m. išgręžti pirmieji gręžiniai ir hidrosuplėšymo būdu suformuotas šilumokaitis. Rezultatai buvo neigiami, tegauta 6,3 l/s vandens cirkuliacija. Tokios jėgainės efektyvumas tikrai abejotinas – pasitelkus 50 kW turbiną, pagamintos elektros energijos reikėjo papildomai sunaudoti 2,3 MW elektros energijos siurblių darbui. 1975 m. startavo panašus Bad Uracho projektas Vokietijoje. 2005 metais čia buvo planuojama įrengti pirmąją sausų stimuluotų uolienų geoterminę jėgainę išgręžus gręžinius iki 4,5 km gylio, tačiau dėl techninių gręžimo kliūčių projektą teko nutraukti. 1980 m. JAV pradėtas antrasis Fenton Hill projektas. 3600 metrų gylyje buvo įrengtas pakankamai geras šilumokaitis, kurio storis siekė 150 m, ilgis 800 m [1]. 2001 m. projektas, dėl pasikeitusių prioritetų (žemos naftos kainos ir kt.) projektas buvo nutrauktas. 1980 m. Cornwallio vietovėje pradėtas projektas Didžiojoje Britanijoje. Juo buvo sprendžiami gilaus gręžimo, uolienų stimuliacijos klausimai. Paraleliai vykdytas nuo 1980 m. Rosemanowes

projektas, kur yra didžiausias Žemės šilumos srautas šalyje. Čia 300 m atstumu buvo išgręžti 2000 metrų gylio, trys gręžiniai. Po trijų metų sėkmingos eksperimentinės vandens cirkuliacijos tarp gręžinių staiga prasiveržė stambaus plyšio koridorius, vanduo nebebuvo pakankamai šildomas, nukrito gamybinio vandens temperatūra, projektą teko nutraukti. 1986-1991 m. pradėti eksperimentai Japonijoje. Vienas tokių projektų yra Hijion objektas, kurį sudaro 2000 metrų gylio keturi gręžiniai. Buvo suformuoti du šilumokaičiai 1800 m ir 2000 m gyliuose. Projektus vykdo valstybė kartu su elektros kompanijomis. Ogachi projektas buvo nesėkmingas dėl didelio vandens praradimo kristalinio pamato lūžiuose (apie 75 % vandens buvo netenkama cirkuliacijos cikle) [1].

1986 m. buvo pradėtas labai svarbus Soultz projektas Prancūzijoje, kuris tęsiasi ir dabar. Būtent šio projekto sėkmingi rezultatai pagrindinai ir lėmė sausų stimuliuotų karštų uolienų šiuolaikinės koncepcijos suformavimą. Pirmosios idėjos, kad galima įrengti šilumokaičių monolitiniuose granitų blokuose nepasitvirtino. Aukščiau minėti eksperimentai parodė, kad sėkmingas tokių sistemų formavimas galimas tik gręžiant gręžinius į vidutinio dydžio tektoninius lūžius ir padidinto plyšiuotumo zonas. Tokių zonų natūralus laidumas vandens cirkuliacijai yra labai nedidelis. Tačiau taikinat hidrosuplėšymą jis gali būti gerokai padidintas. Taip, Soultze po hidrosuplėšymo kristalinių uolienų laidumas padidėjo 20-50 kartų, o Bazelyje (Šveicarija) – net 400 kartų. Be to, plyšių laidumo pagerinimui papildomai yra naudojamas cheminis uolienų apdorojimas leidžiant silpnas rūgštis per plyšius, kurie tirpdo plyšiuose esančius antrinius mineralus (kalcitas, dolomitas). Taip pat laidumą gerokai padidina ir staigus temperatūrų pokytis – vėsinama uoliena traukiasi ir eižėja [1].

Tad, 35 metų eksperimentai leido suformuoti pagrindinius geologinio šilumokaičio formavimo principus, kuriais galima remtis planuojant geoterminius telkinius ir Lietuvoje. Pagrindiniai telkinio paieškos kriterijai yra padidintas šilumos srautas ir vidutinio dydžio tektoniniai lūžiai bei plyšių zonos. Tačiau geoterminei jėgainei tinka ne bet kokios tektoninės zonos, o orientuotos tam tikru kampu ir azimutu priklausomai nuo tektoninių įtampų orientacijos. Bet koks pasaulio regionas, dėl litosferinių plokščių sąveikos ir kitų giluminių geodinaminių procesų yra veikiamas horizontalių tektoninių įtampų. Tyrimai parodė, kad esant tektoniniam spaudimui tinkamiausios šilumokaičio formavimui yra tektoninės zonos palinkusios mažu kampu. Tuo tarpu veikiant tempimui, telkinio formavimui reikia ieškoti stačiu kampu palinkusių plyšiuotų zonų. Be to, jos turi būti orientuotos maksimalaus spaudimo kryptimi.

3.2. Sausų stimuliuotų telkinių geoterminės jėgainės pasaulyje

Per pastaruosius 35 metus buvo vykdomi eksperimentiniai darbai, siekiant suprasti fizikinius, cheminius, mechaninius procesus vykstančius uolienose jas stimuliuojant ir eksploatuojant. Tik

pastaraisiais metais pradėti komerciniai projektai, kas rodo, jog buvo išspręsti principiniai tokių jėgainių klausimai ir sukauptas patyrimas pakankamas imtis komercinių projektų.

Europoje pirmasis komercinis projektas pradėtas Bazelyje (Šveicarija), kur šilumos srautas yra $100-130 \text{ mW/m}^2$, o geoterminis gradientas siekia $4^\circ\text{C}/100 \text{ m}$. Stimuliuojami ŠŠV krypties statūs tektoniniai lūžiai ir plyšių zonos, į kurias numatyta gręžti 5 km gylio tripletą. Kadangi vandens laidininkai yra statūs lūžiai, gręžiami iškreivinti gręžiniai nuo 3 km gylio, polinkio kampas – 15° . Dar du gręžiniai bus gręžiami iki kristalinio pamato paviršiaus (apie 2,5 km gylio), kur bus instaliuota geofizinė aparatūra, kurios dėka bus stebimas stimuliuotų plyšių tinklas. Cirkuliacijos testas bus vykdomas 2 metus. Patvirtinus geologinio šilumokaičio parametrus, bus įrengta antžeminė geoterminės stoties dalis. Šilumos konvertavimo ciklo tipas (ORC arba Kalinos) bus pasirinktas tik po cirkuliacijos testo [1].

Temperatūra telkinyje yra 195°C , bus gražinamas 70°C temperatūros vanduo. Planuojamas debitas yra 100 l/s. Tai leis gaminti 30 MW šiluminės energijos. Be to, veiks dujomis varoma turbina, tad bendras stoties pajėgumas bus 108 MWh elektros energijos ir 39 MWh šiluminės energijos, kuri bus tiekiamą miesto šildymui. Šiuo metu jau išgręžtas vienas 2,5 km gylio monitoringo gręžinys ir vienas tripleto 5 km gylio gręžinys. Jis įsigilino į granitoidų intruziją (granitas, monocgranitas, monconitas), t.y. uolienas labai panašias į Žemaičių Naumiesčio intruziją Lietuvoje. Gręžinys, kaip ir planuota, kirto kelias stambias plyšių zonas orientuotas į ŠŠV (polinkio kampas daugiau kaip 60°). 2006 m. gruodžio mėn. atlikta 14 dienų plyšių stimuliacija, kuri padidino plyšių laidumą 400 kartų. Deja, vykdant stimuliaciją mieste buvo sukeltas 3,2 balų Žemės drebėjimas. Darbai buvo laikinai nutraukti, kol nebus pateikta alternatyvi saugesnės stimuliacijos schema. Šiuos procesus būtina turėti omenyje planuojant vietą jėgainei Lietuvoje [1].

Ypač didelis aktyvumas įsisavinant sausus karštus geoterminius telkinius šiuo metu stebimas Australijoje, kurios geologinės sąlygos labai panašios į mūsų kraštą, todėl Lietuvos specialistai atidžiai stebi tokių sistemų vystymo darbus tolimajame kontinente. Šiuo metu yra vykdomas telkinių licencijavimas. Licenciniuose plotuose šilumos srautas yra 80-105 MW, panašiai Vakarų Lietuvai, tačiau kai kurių plotų geoterminės charakteristikos yra ypatingai geros (pvz. Petratherm Paralanos licenciniame plote geoterminis gradientas yra $6,85^\circ\text{C}/100 \text{ m}$, 200°C temperatūrą numatyta pasiekti 3,5 km gylyje). Licencijavime dalyvauja 16 kompanijų, paskirti 103 licenciniai plotai. Šis geoterminis „bumas“ prasidėjo 2004 m. Kai kuriuose plotuose jau vykdomi gręžimo ir uolienų stimuliavimo darbai [1].

Tiek Europoje, tiek Australijoje, o netrukus ir kitose šalyse (pirmiausiai JAV) vykdomi komerciniai projektai turi pasiekti persilaužimo etapą, kai sausų karštų uolienų geoterminis potencialas bus ekonomiškai efektyviai eksploatuojamas gaminant energiją. Atsižvelgiant į labai

palankias Vakarų Lietuvos geotermines charakteristikas, toks persilaužimas gali netrukus paskatinti ir šios atsinaujinančios energijos rūšis panaudojimą mūsų šalyje. Tam būtina ruoštis, pirmiausiai tiriant geoterminėms jėgainėms reikalingus geologinius parametrus, formuojant telkinių paieškų koncepcijas, numatant perspektyviausius plotus.

4. GEOTERMINĖS ENERGIJOS PANAUDOJIMO PASTATŲ ŠILDYMOI GALIMYBIŲ ANALIZĖ

Geoterminis šildymas – tai modernus šildymo būdas. Šilumos siurblys ima pirminę energiją iš grunto, gruntinio vandens ar oro ir paverčia ją šiluma, kurią naudoja pastatui šildyti ir buitiniam karštam vandeniui ruošti. Svarbiausia yra tai, kad gaunamas šilumos kiekis yra apie 4-5 kartus didesnis už sunaudotą energiją. Tai ekologiškas, modernus šildymo būdas, tačiau, norint įsirengti šilumos siurblių – reikalinga didelė pradinė investicija. Taip pat reikia atsižvelgti į keletą faktorių: kokia bus šildymo sistema, ar pakanka žemės ploto šilumos kolektoriui įrengti, ar bus rezervinis katilas, ar gruntiniai vandenys giliai.

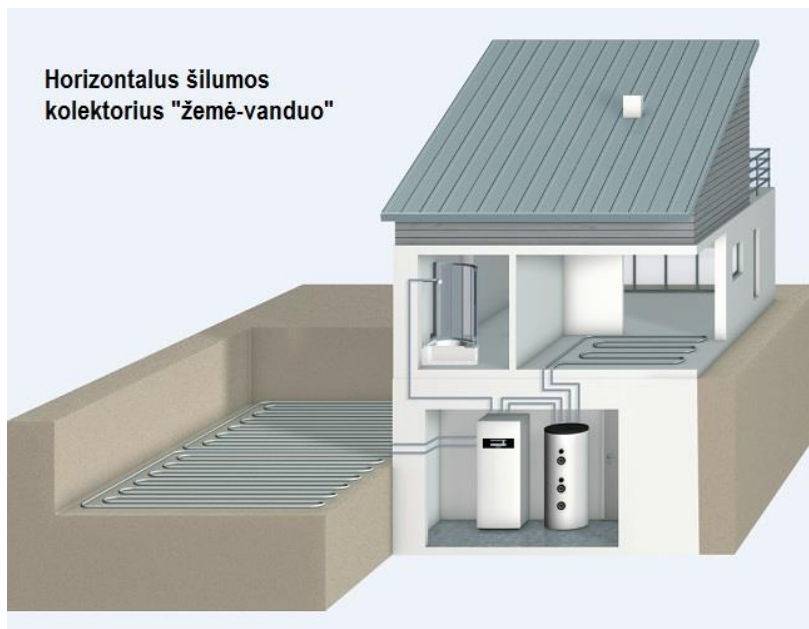
Žemėje susikaupusi šiluma surenkama kolektoriais, kuris įrengiamas horizontalus (tam tikrame gylyje žemėje ar vandens telkinyje išvedžiojamas vamzdynas, kurio ilgis priklauso nuo pastato šilumos poreikio ir grunto tipo) arba vertikalus (vamzdynas įleidžiamas į gręžinį, kurio gylis priklauso nuo pastato šilumos poreikio). Šilumos šaltinis vienais atvejais būna gruntas, kitais – vanduo.

Kolektoriaus vamzdziais cirkuliuoja neužšalantis geoterminis skystis, kuris perneša šilumą iš šilumos šaltinio į šilumos siurblių. Čia atnešta šiluma išgarina šilumos siurblyje cirkuliuojantį freoną. Jo dujų temperatūrą dar padidina įmontuotas kompresorius. Ši šiluma perduodama toliau, į namo šildymo sistemą bei šilumos siurblio vandens baką, skirtą karštam vandeniui ruošti. Šilumos siurblys naudoja šiek tiek elektros energijos, tačiau jos sąnaudos yra nepalyginti mažesnės nei kitų šildymo sistemų.

3.1. Sistema gruntas-vanduo

Klimato sąlygos ir geri gruntai lėmė, kad sistema gruntas-vanduo Lietuvoje yra populiariausia. Svarbiausia įrengiant siurblius gruntas-vanduo atsižvelgti, kad šilumos paėmimas būtų ne mažesnis nei namo poreikis, o tai lemia plotas. Jei sklypo plotas yra mažesnis nei namui reikia, tai jau yra apribojimas, tačiau įsirengus gręžinį, apribojimai plotui ženkliai sumažėja. Be to,

horizontalaus kolektoriaus šilumos šaltinis yra saulė, kuri prišildo per vasarą, o vertikaliame kolektoriuje yra išnaudojama žemės šiluma, kuri regeneruoja ir žiemą.

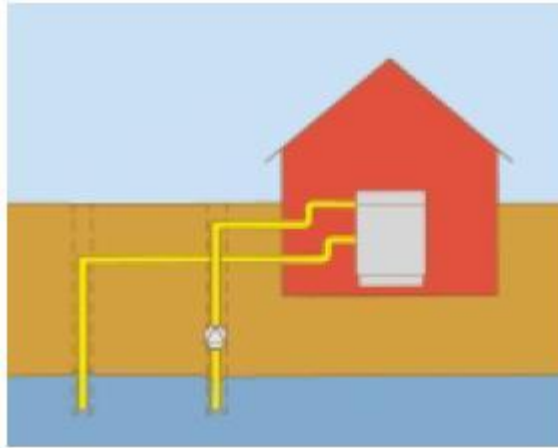


2 pav. Horizontalaus šilumos kolektoriaus įrengimas grunte

Įsirengus geoterminę šildymo sistemą, geriausi rezultatai pasiekiami suderinus ją su grindiniu šildymu. Šildytis galima ir radiatoriais, tačiau tokiu atveju rekomenduojama įsirengti didesnius, žemos temperatūros radiatorius. Toks sprendimas yra beveik tolygus grindiniam šildymui, tačiau reikia atkreipti dėmesį, kad radiatoriai yra ženkliai didesni nei standartiniai. Įsirengus klasikinius radiatorius, tinkančius aukštesnės temperatūros, kieto kuro ar dujų katilais šildomai sistemai, naudingumo koeficientas sumažėja.

3.2. Sistema vanduo-vanduo

Sistema vanduo-vanduo. Kolektorius šiuo atveju šilumą ima iš vandens gręžinio. Vanduo-vanduo sistema yra labai efektyvi, kadangi gruntiniai vandenys pasižymi aukštesne temperatūra (7-12°C). Tačiau tam, kad išnaudoti visas šio metodo galimybes, sklypas bei jo prieigos turi atitikti gana aukštus reikalavimus. Visų pirma, vandens gręžinys turi būti pakankamai negilus 15-20 metrų, šilumos siurbliui reikalingas pastovus vandens debitas, o šalia turėtų būti vandens telkinys, į kurį būtų galima išleisti panaudotą vandenį. Teoriškai galimybė įrengti šią sistemą gyvenamuosiuose namuose yra, tačiau praktiškai tai įgyvendinti sunku, kadangi vandeniui yra daug techninių reikalavimų. Vanduo-vanduo sistemą būtų galima panaudoti gamyklose, kurios naudotų tą patį vandenį ir aušinimui, ir šildymui – vandens sistema būtų uždara ir jo kokybė nesikeistų.

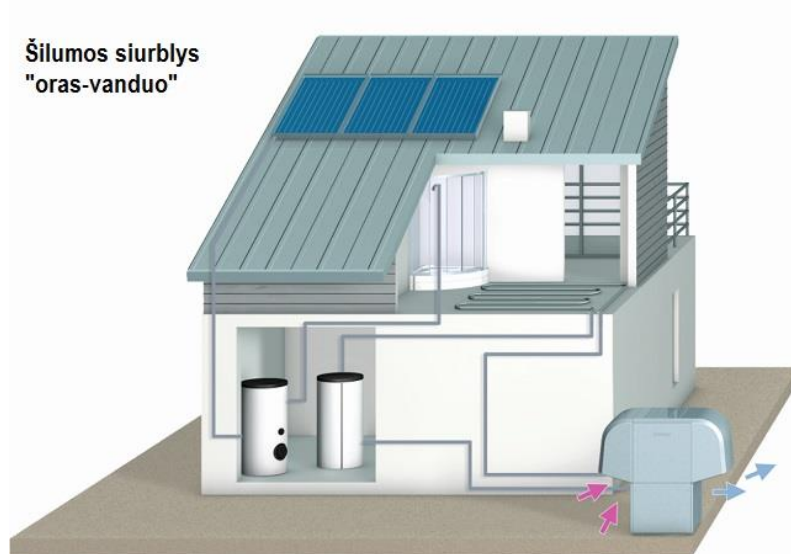


3 pav. Vertikalaus šilumos kolektoriaus įrengimas

3.3. Sistema oras-vanduo

Oro šilumos siurbliai šiek tiek skiriasi nuo kitų rūšių. Jie savo šilumai paimti naudoja oro šilumą. Tokių siurblių privalumas – nereikia atlikti žemės darbų, kurie yra sąlyginai brangūs ir sudaro apie 30-40 % įrengimo kainos, todėl tokio siurblio įsirengimas ne tik pigesnis, bet ir greitesnis [5].

Vis dėlto, reikia atkreipti dėmesį, kad metinės išlaidos šildymui dėl klimatinių sąlygų dažniausiai būna didesnės nei gruntas-vanduo šilumos siurblių. Kuo labiau oras šąla, tuo mažėja šių siurblių ekonomiškumas. Esant šaltesniam orui, siurblys nebegali pasiekti reikiamo galingumo ir jo trūkumą kompensuoja jame įmontuoti elektriniai tenai, tad esant šaltai žiemai būna mėnesių, kada tenka daugiau mokėti už elektrą. Prie -20 laipsnių, namie turi būti +20. Tačiau prie žemesnės temperatūros oras-vanduo siurblio galingumas greitai krenta. Esant tokiai temperatūrai žemė-vanduo siurblio galingumas kaip ir lieka tas pats, o tarkime, 10 kW oras-vanduo šilumos siurblys, esant -20 laipsnių, duos 1-3 kW galios. Jei norime, kad toks šilumos siurblys būtų lygiavertis žemė-vanduo siurbliui, reikės galingesnio siurblio, o jei imi galingesnį – jis jau brangesnis. Tad toks taupymas nėra tiesioginis – nors ir nereikės žemės darbų, tačiau teks pirkti galingesnę įrangą. Jei klimatas Lietuvoje būtų nors kiek šiltesnis, oras-vanduo siurbliai būtų tokia pat ekonomiška alternatyva kitiems siurbliams. Daug ekonomiškiau tokius siurblius rinktis gyvenantiems pajūryje, kadangi ten tradiciškai šilčiau [5].



4 pav. Oro šilumos siurblio įrengimas

3.4. Akumuliacinė talpa

Akumuliacinėje talpoje kaupiamas šildymui reikalingas karštas vanduo, kurį paruošia šilumos siurblys. Įsirengti akumuliacinę talpą ekonomiškai kadangi taip galima išnaudoti naktinio elektros tarifo kainas. Kiekvienas šilumos siurblys veikia ir be akumuliacinės talpos, tačiau ji ne tik padeda taupyti energiją, o taip pat prailgina šilumos siurblio tarnavimo laiką net iki dviejų kartų. Akumuliacinė talpa sumažina siurblio išsijungimų ir įsijungimų skaičių – tai pagrindinė siurblio dėvėjimosi priežastis. Kuo daugiau tokių ciklų, tuo greičiau jis susidėvi [5].

5. GEOTERMINĖS ENERGIJOS KONKURENCINGUMO ANALIZĖ

Kiekvienas įsirenginėdamas šildymą mąsto apie tai, kaip gauti optimalų variantą, t.y. kaip pasirinkti šildymą, kuris būtų pigiausias ir patogiausias.

Kietojo kuro teikiamos šilumos kilovatvalandė vis dar kainuoja pigiausiai, katilai nėra brangūs įrengti ir palyginti paprasti prižiūrėti. Gamtinės, suskystintosios dujos ir skystasis kuras sukuria šiek tiek brangesnę šilumą, o brangiausias yra šildymasis elektra. Čia yra vilties, kad, į jos gamybą įtraukiant vis daugiau atsinaujinančiosios energijos šaltinių (vėjas, saulė, žemės šiluma, vanduo), ši kaina turėtų sumažėti.

Pagal Viktorą Stanyną, „Buderus“ atstovybės Lietuvoje pardavimo asistentą šiuolaikinių individualių namų katilinės ateityje išnyks. Šilumos siurblio agregatas teuzima vietos kaip šaldytuvas – tai yra apie 200 x 65 x 60 cm spinta. Jam nereikia atskiros patalpos, užtenka skirti

kampą koridoriuje ar virtuvėje. Nereikalinga nuolatinė priežiūra ir sutaupoma daugybe laiko, priešingai nei granulio šildymo atveju. Jei namo sklypo nesiekia dujinės sistemos, o norisi patogumo tokiu atveju puikus variantas geoterminis šildymas. Taip pat įranga tarnauja ilgus metus (apie 20 metų). Juos galima pratęsti iki 30 metų įsirengiant akumuliacinę talpą. Ir būtina pabrėžti tai, kad šilumos siurbliai nepriklauso nuo monopolininko diktuojamų kainų. Tai ekologiškiausias šildymo būdas [6].

Šio šildymo įrengimas yra tikrai nepigus, tačiau bėgant metams ir technologijoms vis tobulėjant, kaina krenta. Įsirenginėjant kolektorių tai pogi reikės nemažo žemės ploto (priklausomai nuo reikiamo šilumos kiekio) ant, kurio nebus galima nieko statyti.

Norint sumažinti pradinę investiciją, galima pasirinkti 15% silpnesnę šilumos siurblių, tačiau tada didės kasmetinės eksploatacijos išlaidos, nes kritinėmis dienomis šilumos siurblys energijos trūkumą padengs elektrinio šildytuvo pagalba [6].

Šilumos siurblio perduodamoji energija yra tiesiogiai proporcinga iš aplinkos surenkamai natūraliai energijos temperatūrai. Kuo žemesnės temperatūros natūralus energijos šaltinis (žemė, oras ar vanduo) arba kuo mažesnis yra kolektoriaus plotas, tuo mažiau šiluminės energijos šilumos siurblys gali perduoti būsto šildymui. Todėl įsirengus per mažą kolektorių šiluminės energijos poreikio ir šilumos siurblio perduodamos energijos skirtumas yra dengiamas elektra. Todėl siekiant mažesnių eksploatacijos kaštų reikia didinti lauko kolektorių.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto kartu su Energetikų mokymo centru atliktas šildymo būdų palyginimas atskleidė, kad įvertinus investicijas į šildymo sistemą, kuro kainas, šildymo sąnaudas, šildytis namą kondensaciniu dujų katilu per dešimt metų kainuos šiek tiek daugiau nei kūrenti kietojo kuro katilą malkomis.

„Apie šildymo būdus yra daug mitų. Gyventojai, skaičiuojantys tik kuro kainą, pamiršta paskaičiuoti, kiek kainuoja įrengti saugią katilinę ar patalpas kuriai laikyti, nebrangina savo laiko, neįvertina galimybių reguliuoti temperatūrą būste. Mūsų analizė rodo, kad, renkantis šildymo būdą, vertėtų įvertinti visas investicijas ir sąnaudas per gerokai ilgesnį laikotarpį. Kita vertus, sunku išmatuoti komforto lygį“, – sakė VGTU pastatų energetikos ekspertas Giedrius Šiupšinskas.

Vilniaus Gedimino technikos universiteto studentai apskaičiavo šildymo išlaidas per vidutinį šildymo sezoną 150 kv. m ploto, C energinę klasę atitinkančiam individualiam namui, kuriame gyvena 4 asmenų šeima, kai palaikoma 18 laipsnių patalpų temperatūra. Visais atvejais buvo laikoma, kad būstui naudojamas grindų ir radiatorių šildymas, o metinis šilumos poreikis šildymui ir vandeniui – 20 tūkst. kWh. Investicija į šildymo sistemą įvertinta, lyginant to paties gamintojo pateiktas skirtingų katilų kainas.



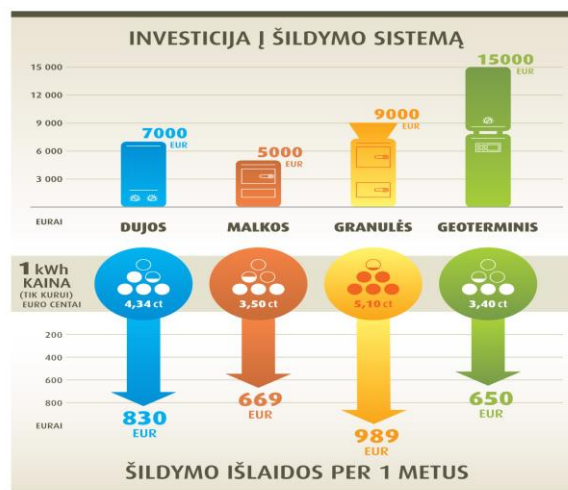
5 pav. Bendros išlaidos per 10 metų skirtingoms šildymo sistemoms

Per dešimt metų pigiausia tokį individualų namą būtų šildyti malkomis, tačiau laiko užimtų jų paruošimas, taip pat reikėtų skirti plotą malkų kiekio sandėliavimui.

Vienas iš pigiausių šildymo būdų išlieka šildymas gamtinėmis dujomis. Per 10 metų laikotarpį gyventojų bendros investicijos į įrangą ir išlaidos kurui būtų apie 15 tūkst. eurų. Tai apima būsto šildymą ir karšto vandens ruošimą.

Granulių katilas yra komfortiškesnis nei įprastas kieto kuro katilas, tačiau jam reikia didesnių pradinių investicijų, o kuras yra brangesnis. Tad per dešimt metų šis šildymo būdas kainuotų apie 19 tūkst. eurų.

Vertinimas rodo, kad brangiausias būtų geoterminis šildymas. Tai lemia didžiausios iš analizuotų atvejų investicijos įrangai, nors išlaidos elektrai būtų santykinai mažesnės per nagrinėtą 10 metų laikotarpį.



6 pav. Investicijų dydis skirtingoms šildymo sistemoms ir šildymo išlaidos per 1 metus

Žemiau pateiktoje lentelėje matomos kuro kainos įvertintos kaip vidutinės rinkoje, todėl gali skirtis priklausomai nuo kuro pardavėjo, kuro kokybės ir pristatymo išlaidų. Į šilumos kainą nėra įskaičiuoti investicijų kaštai.

2 lentelė. Šildymo kainos tarp skirtingų šildymo sistemų [7]

Kuro rūšis	Katilo rūšis	Katilo efektyvumas	Kuro kaina Eur su PVM	Kuro kaitrumas	Šilumos kaina ct/kWh
Malkos	Kieto kuro	84%	35 Eur/m ³ erdm	5,0 kW/kg	2,3
Juodoji anglis	Kieto kuro	84%	160 Eur/t	6,5 kW/kg	3,0
Durpių briketai	Kieto kuro	84%	120 Eur/t	4,0 kW/kg	3,6
Pjuvenų briketai	Kieto kuro	84%	140 Eur/t	5,0 kW/kg	3,3
Pjuvenų granulės	Granulinis	90%	170 Eur/t	5,0 kW/kg	3,8
Šilumos siurblys (gruntas-vanduo)	Šilumos siurblys	COP 1:4	0,129 ct/kW	-	3,2
Šilumos siurblys (oras-vanduo)	Šilumos siurblys	COP 1:3 (prie lauko temp. -5 C)	0,129 ct/kW	-	4,3
Gamtinės dujos	Dujinis, paprastas	93%	0,42 Eur/m ³	9,5 kW/m ³	4,8
Gamtinės dujos	Dujinis, kondensacins	109%	0,42 Eur/m ³	9,5 kW/m ³	4,1
Suskystintos dujos	Susk. dujų katilas	93%	0,80 Eur/kg	12,9 kW/kg	6,7
Dyzelinis kuras (beakcizinis šildymui)	Skysto kuro katilas	93%	0,48 Eur/l	9,83 kW/l	5,3
Elektra	Elektrinis katilas	100%	0,127 ct/kW	-	12,7

*COP – maksimalus naudingumo koeficientas

6. GEOTERMINĖS ENERGIJOS TECHNOLOGIJŲ IR JŲ ĮDIEGIMO KAŠTŲ ANALIZĖ

Pastatų šildymas šilumos siurblių pagalba Lietuvoje diegiamas daugiau nei 20 metų. Šiuo metu šalyje yra daug įmonių projektuojančių, parduodančių ir montuojančių įvairių šilumos siurblių gamintojų įrangą. Viena iš Lietuvos įmonių iki 2000 metų prekyvė švediškais šilumos siurbliais, pamatė, kad prityrę specialistai gali ir Lietuvoje surinkti įrengimus, kurių kokybė nėra blogesnė negu importuojamų, o kaina yra maždaug trečdaliu mažesnė. Taip pat dažnas geoterminio šildymo vartotojas skundžiasi jog nusipirkus ne Lietuvoje surinktą siurblį, iškyla nesklandumų siurbliui sugedus ar norint tiesiog pasikonsultuoti kadangi siurblio dalių gali tekti laukti net kelias savaites, o išsikviesti atstovą labai brangu.

Šilumos siurbliai gruntas-vanduo yra labiausiai paplitę Lietuvoje. Jais prekiauja ne viena įmonė. Žemiau pateikiamos kelių šilumos siurblių įrangos tiekėjų Lietuvoje 2015 - 2016 m. kainos.

Vokietijos šilumos siurblių gamintojas „Alpha Innotec“. Lietuvoje – MB „Alternatyvi sistema“, Vilnius, Gvazdikų sodų 17, mob.: +370 612 86622

2015 m. ALTERA serijos šilumos siurbliai gruntas/vanduo A+++ klasės COP 5,09 (maksimalus naudingumo koeficientas).

Į komplektą įeina Alpha Innotec šilumos siurblys, montavimo medžiagos (išsiplėtimo indai, apsaugos grupės, presuojama vario sistema, paleidimas, derinimas). Suteikiama 7 metų garantija darbams ir 5 metai įrangai.

Tipas: gruntas/vanduo

3 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Namo plotas	Šiluminė galia. kW	Komplekto kaina su PVM, Eur	Šilumos siurblio kaina, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
Alpha Innotec COP-4,7	Iki 110 m ²	4,7	7500	5870	1249
Alpha Innotec COP-4,8	Iki 150 m ²	6	7900	6400	1067
Alpha Innotec COP-4,9	Iki 170 m ²	7,7	8200	6730	874
Alpha Innotec COP-5,09	Iki 200 m ²	9,5	8400	6990	736
Alpha Innotec COP-5,0	Iki 220 m ²	12,18	8800	7270	568

Taip pat MB “Alternatyvi sistema” tiekia oras/vanduo šilumos siurblius. DAIKIN ALTHERMA serijos šilumos siurbliai oras/vanduo COP 5,09 (maksimalus naudingumo koeficientas).

Į komplektą įeina DAIKIN ALTHERMA šilumos siurblys, montavimo medžiagos (išsiplėtimo indai, apsaugos grupės, presuojama vario sistema, paleidimas, derinimas). Suteikiama 7 metų garantija darbams ir 3 metų įrangai.

Tipas: oras/vanduo

4 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Namo plotas	Šiluminė galia, kW	Komplekto kaina su PVM, Eur	Šilumos siurblio kaina, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
DAIKIN ALTHERMA COP-5,04	Iki 80 m ²	5	5761	4280	856
DAIKIN ALTHERMA COP-4,74	Iki 120 m ²	8,35	5975	4494	538
DAIKIN ALTHERMA COP-4,45	Iki 150 m ²	10,2	6535	5054	495
DAIKIN ALTHERMA COP-4,6	Iki 180 m ²	11,38	8715	7234	636
DAIKIN ALTHERMA COP-4,3	Iki 200 m ²	14,55	10151	8670	698

*COP – maksimalus naudingumo koeficientas

Švedijos šilumos siurblių gamintojas „NIBE“ (didžiausias Europoje šilumos siurblių gamintojas). Atstovas Lietuvoje – UAB “Ekoklima”, S.Žukausko g. 29, LT-09129 Vilnius.

Tipas: gruntas/vanduo

5 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Šiluminė galia, kW	Kaina su PVM, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
NIBE F1145	6	6227,91	1037,99
NIBE F1145	8	6347,25	793,41
NIBE F1145	10	6640,20	664,02
NIBE F1145	12	7074,20	589,52
NIBE F1145	15	7269,50	484,63
NIBE F1145	17	7616,70	448,04

Tipas: oras/vanduo

6 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Šiluminė galia, kW	Kaina su PVM, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
NIBE F2030	7	6227,91	1037,99
NIBE F2040	8	6347,25	793,41
NIBE F2030	9	6640,20	664,02
NIBE F2040	12	7074,20	589,52
NIBE F2300	14	7269,50	484,63
NIBE F2040	16	7616,70	448,04

Slovakijos šilumos siurblių gamintojas „WAMAK“. Lietuvoje - UAB „Gilius ir KO“, Kaunas, tel.: (8-37) 308930

Tipas: gruntas/vanduo

7 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Šiluminė galia, kW	Kaina su PVM, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
WAMAK BW 06	6,35	6260	986
WAMAK BW 07	7,42	6383	860
WAMAK BW 09	8,7	6708	771
WAMAK BW 11	10,74	7155	666
WAMAK BW 13	12,68	7764	612
WAMAK BW 16	15,71	8050	512
WAMAK BW 19	18,63	8964	481
WAMAK BW 23	23	9695	422

Tipas: vanduo/vanduo

8 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Šiluminė galia, kW	Kaina su PVM, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
WAMAK WW 06	5,98	5672	948
WAMAK WW 08	8,2	6260	763
WAMAK WW 11	11,01	6728	612
WAMAK WW 14	13,9	7216	519
WAMAK WW 16	16,31	7826	480

Tipas: oras/vanduo

9 lentelė. Modulių kainos

Pavadinimas	Šiluminė galia, kW	Kaina su PVM, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
WAMAK AWK 005	5,48	7095	1295
WAMAK AWK 07	7,51	7500	999
WAMAK AWK 09	8,77	7704	878
WAMAK AWK-O 11	10,92	8111	743
WAMAK AWK-O 13	12,92	9128	707

Vokietijos šilumos siurblių gamintojas „Vaillant“. Atstovas Lietuvoje – UAB „Vilpra“, Kaunas, Pramonės pr. 8E, tel.: 8 (37) 332103.

Tipas: žemė/vanduo

10 lentelė. Modulių kainos

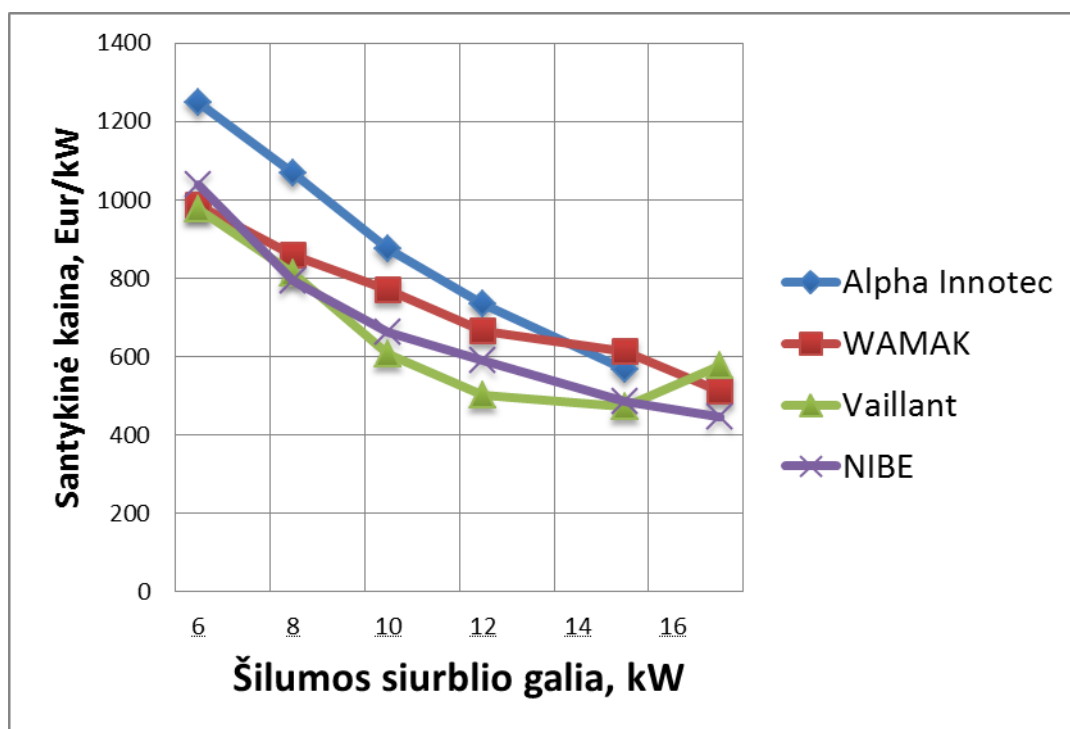
Pavadinimas	Apibūdinimas	Modelis	Apšildomas plotas	Šiluminė galia, kW	Šilumos siurblio kaina, Eur	Lyginamoji šilumos siurblio kaina, Eur/kW
Vaillant geoTHERM COP-4,7	Šildymas, Karštas vanduo	VWS 61/3	Iki 120 m ²	6,1	5951	976
Vaillant geoTHERM COP-4,7	Šildymas, integruotas 175 l boileris	VWS 62/3	Iki 120 m ²	6,1	10064	1650
Vaillant geoTHERM COP-4,7	Šildymas, Karštas vanduo	VWS 81/3	Iki 160 m ²	7,8	6333	812
Vaillant geoTHERM COP-4,3	Šildymas, integruotas 175 l boileris	VWS 82/3	Iki 160 m ²	8	10228	1279
Vaillant geoTHERM COP-4,9	Šildymas, Karštas vanduo	VWS 101/3	Iki 220 m ²	10,9	6624	608
Vaillant geoTHERM COP-4,9	Šildymas, integruotas 175 l boileris	102/3	Iki 220 m ²	10,9	10519	965
Vaillant geoTHERM COP-4,7	Šildymas, Karštas vanduo	VWS 141/3	Iki 280 m ²	14	7034	502
Vaillant geoTHERM COP-4,9	Šildymas, Karštas vanduo	VWS 171/3	Iki 350 m ²	17,4	8208	472
Vaillant	Šildymas,	VWS	Iki 430 m ²	21,6	12476	578

geoTHERM COP-4,3	Karštas vanduo	220/2				
---------------------	-------------------	-------	--	--	--	--

*COP – maksimalus naudingumo koeficientas

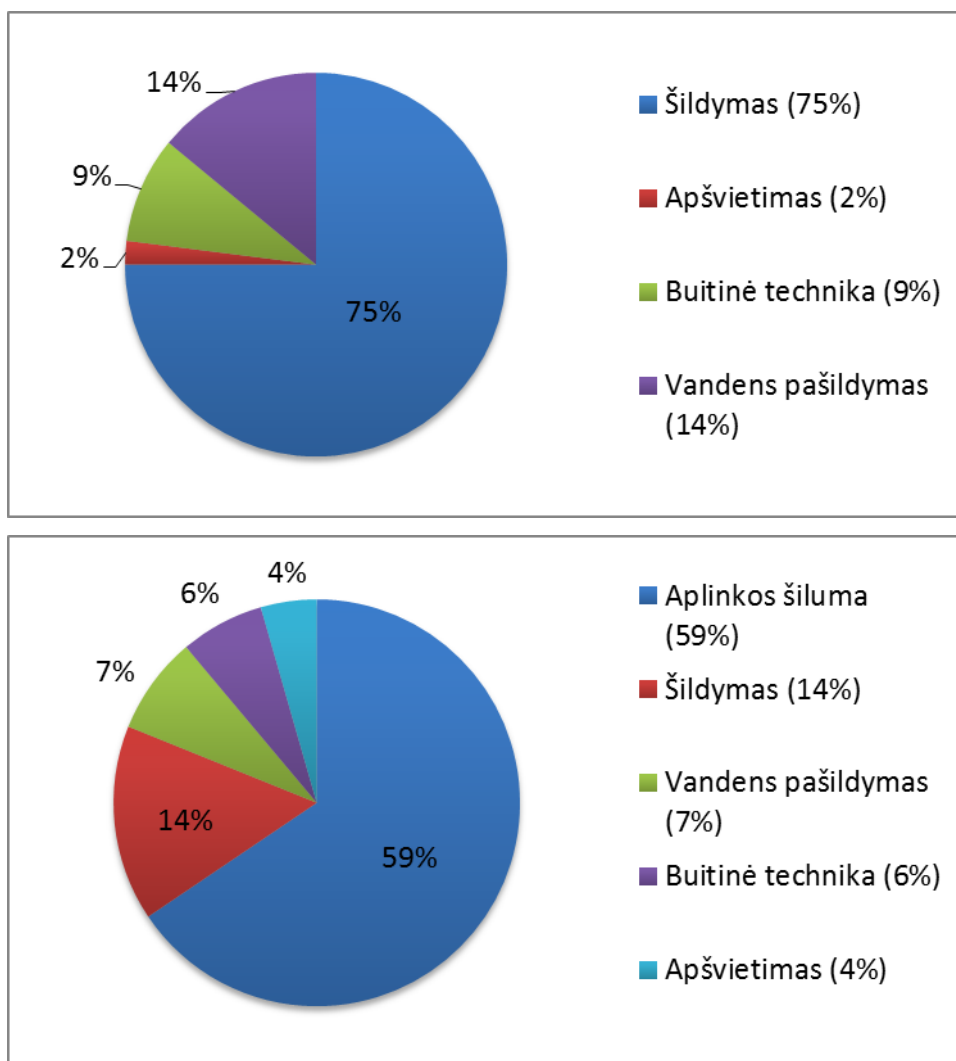
11 lentelė. Lyginamosios investicijos į šilumos siurblio sistemą

Pavadinimas	Santykinė šilumos siurblio įrenginių kaina Eur/kW šiluminio galingumo	Santykinė šilumos siurblio įrenginių kaina Eur/m ² pastato ploto
Šilumos siurblio modulis 8-10 kW	600 – 900	
Šilumos siurblio modulis 10-12 kW	500 – 700	
Šilumos siurblio modulis 15-20 kW	400 – 600	
Pilnai įrengta „katilinė“ su šilumos siurbliu	750 - 1100	45 - 75



7 pav. Įvairių gamintojų šilumos siurblio modulio santykinės kainos palyginimas (tpas: žemė-vanduo)

Šilumos siurblys paima žemėje susikaupusią saulės energiją ir perduoda ją namo šildymo ar karšto vandens ruošimo sistemoms. Grunte yra sukaupiama iki 98 proc. išspinduliuojamos saulės energijos. Net ir šalčiausiu metu žemėje yra susikaupę pakankamai šilumos, kurią galima panaudoti namo šildymui. Kadangi paimama iš aplinkos šiluma nieko nekainuoja, todėl mokame tik už jos „paėmimą“, t.y. už sunaudotą elektros energiją, kuri reikalinga kompresoriui, cirkuliaciniams siurbliams, elektronikai.

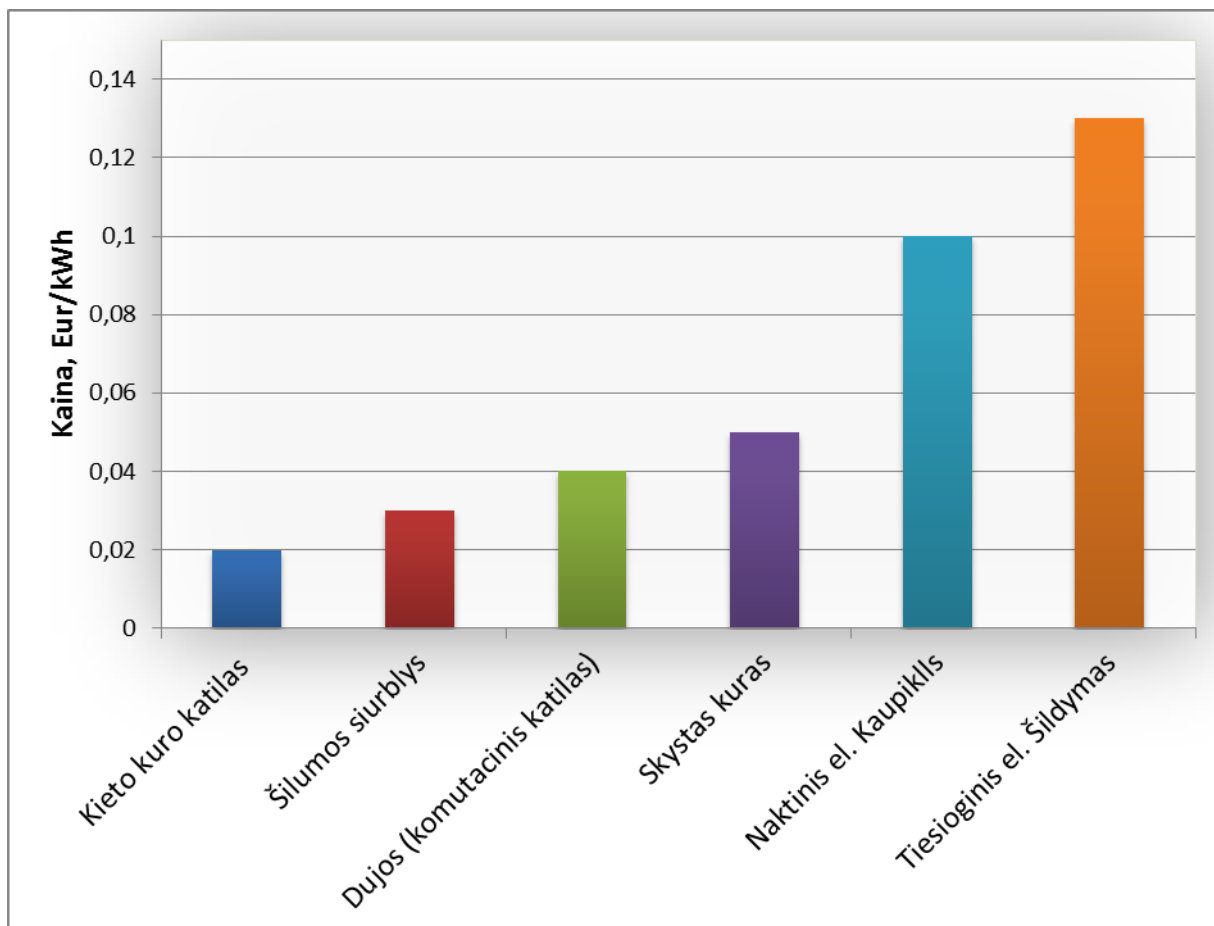


8 pav. Energijos suvartojimas individualiame name be šilumos siurblio ir su šilumos siurbliu

Įdiegus šilumos siurblių ženkliai pasikeičia energijos suvartojimo individualiame name struktūra. Kaip matyti iš 8 pav., įdiegus šilumos siurblių apie 60 % individualaus namo energijos poreikių patenkina aplinkos šiluma.

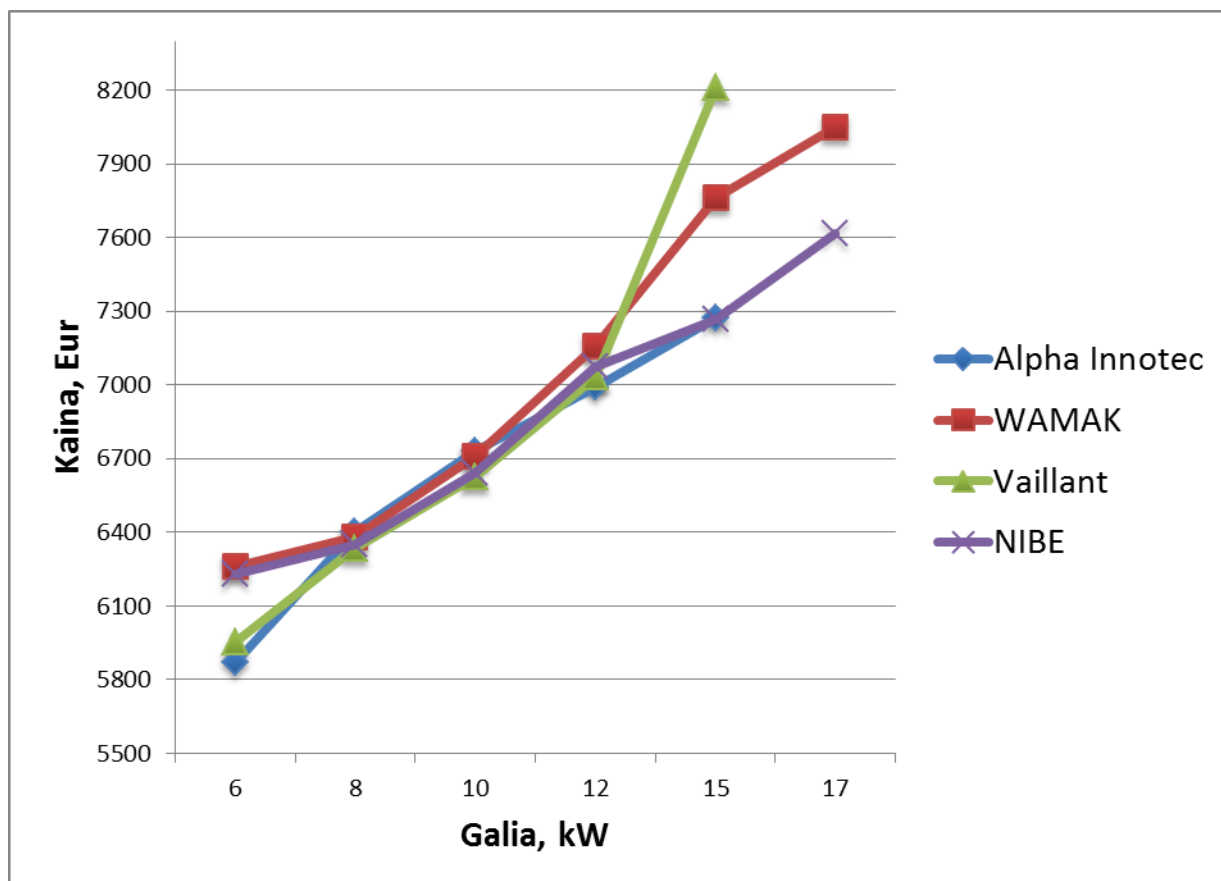
Sudėjus visus šildymo kaštus gauname, jog 3/4 šilumos yra nemokami, dėl šios priežasties: geoterminis šildymas yra ekonomiškai ir labai ekologiškas. Tai yra todėl, kad transformuojant šilumą iš žemės į tinkamą šildyti būstą nenaudojamas joks degimo procesas, visos sistemos yra uždaros, todėl beveik neteršia aplinkos. Priklausomai nuo konkrečių poreikių bei galimybių šilumos siurbLIAI skirstomi į paimančiąs šilumą iš grunto, vandens, oro.

Šiuo metu šildymas naudojant žemės šilumą yra vienas pigiausių (nevertinant įrangos kaštų). Kaip didelį sistemos privalumą reikėtų paminėti jos ilgaamžiškumą t.y. teisingai eksploatuojant ji tarnaus 20 ir daugiau metų. 9 pav. pateiktas šilumos vieneto kainos palyginimas. Kaip matyti iš šio paveikslo šilumos siurblio pagaminamos šilumos kaina yra viena mažiausių. Tačiau kainų palyginime nėra vertinami įrangos kaštai.



9 pav. Šilumos vieneto kaina, Eur/kWh 2016 m. (kainos be investicijų į įrangą) [7]

Šilumos siurblių kainų priklausomybė nuo galios (4 analizuotų firmų) pateikta 10 pav. (Tipas: žemė/vanduo)



10 pav. Šilumos siurblio kainos priklausomybė nuo galios

6.1. Šilumos siurblio eksploatacinės išlaidos

Pats efektyviausias šilumos siurblys yra naudojantis grunto arba gruntinio vandens šilumą. Pavyzdžiui, 120 m² gyvenamojo namo šilumos sąnaudos namui šildyti yra 14400 kWh per šildymo sezoną, o šildymo sezonas tęsiasi 180 dienų. Išlaidos už visą šilumos siurblio sunaudotą elektros energiją ir elektros energiją, reikalingą antifrizo skysčiui judėti tarp šilumos šaltinio ir siurblio, gauname 256,72 Eur, kai elektros energijos kaina 0.13 Eur/kWh. Taigi eksploatacijos kaštai yra 0,81 Eur/m² per mėnesį [9].

Individualių namų savininkai, naudojantys pastatų šildymui kieto, skysto arba dujinio kuro katilus dar nemoka mokesčių už gamtos taršą. Tačiau griežtėjantys aplinkosauginiai reikalavimai gali sąlygoti, kad tokie mokesčiai taps privalomi. Tai dar vienas pliusas ekologiškai šviam šilumos siurbliui.

Lietuvoje nėra lengvatinių elektros energijos tarifų šilumos siurbliams, tačiau siekiant skatinti naudoti atsinaujinančius energijos, tarp jų ir žemės gelmių šiluminės energijos, išteklius, sudarytos galimybės gauti subsidijas už geoterminių šildymo sistemų įrengimą.

12 lentelėje pateiktos apibendrintos šilumos siurblio eksploatacinės išlaidos priklausomai nuo galios.

12 lentelė. Šilumos siurblio eksploatacinės išlaidos

Galia kW	Apšildomas namo plotas m ²	Vidutinės išlaidos Eur šildymui ir karšto vandens ruošimui per metus (grindinis šildymas - radiatoriai)	Eur/m/m ²
6	Iki 80	201 – 320	2,89 – 4,04
8	80 – 110	256 – 411	3,23 – 3,77
10,5	110 – 162	328 – 521	2,89 – 3,2
14	162 – 200	448 – 695	2,79 – 3,5
17	200 – 250	532– 844	2,69 – 3,41

6.2. Šildymo sistemos pasirinkimas

Kiekvienam statančiam namą iškyla klausimas, kokį šildymo būdą pasirinkti. Pagrindiniai aspektai pagal ką gyventojai renkasi šildymo sistemą vis dar išlieka kaina ir patogumas.

Šilumos siurblys, individualus elektrinis arba dujinis šildymas, dujų katilas visam namui, paprastas arba modifikuotas miesto centrinis šildymas. Visos šios sistemos turi savų pranašumų ir trūkumų.

Lyginant reikėtų atsižvelgti į šiuos veiksnius: sistemos įdiegimo išlaidos, eksploatacijos išlaidos, administravimo patogumas, priklausomumas nuo miesto šildymo sistemos ir šildymo sezono.

Patrauklus komforto atžvilgiu atrodo individualus dujinis šildymas. Problema ta, kad jis ne visur gali būti diegiamas, nes paprasčiausiai ne visi rajonai aprūpinti gamtinėmis dujomis. Be to, mažuose ir vidutiniuose butuose (30-60 m²) įrengti autonomini dujinį šildymą nerekomenduojama, nes sunku parinkti dujų katilui vietą – reikalaujama, kad toks katilas stovėtų vėdinamoje patalpoje, todėl į tamsų kambariuką bute jo nepastatysi. Šiaip individualus dujinis šildymas yra patogus individualiuose namuose ir dideliuose butuose.

Dujinis šildymas įmanomas ir neindividualus - t.y. dujų katilas gali būti statomas ir daugiaaukščio namo laiptinei arba visam namui. Šiuo atveju eksploataavimo išlaidos panašios kaip ir individualaus dujinio šildymo atveju, tik gali iškilti nedidelių problemų bendrai gyventojams mokant mokesčius už dujas.

Patogios įdiegti ir eksploatuoti yra individualios elektrinio šildymo sistemos. Kambariuose tereikia pakabinti elektrinius radiatorius ir įjungti juos į elektros tinklą. Tiesa, eksploataavimo išlaidos yra gana didelės.

Šilumos siurblio parinkimo procesas. Praktika rodo, kad vidutiniškai Lietuvoje statomų namų varža yra apie 4, kas yra lygu 65 W/m². Taigi norint preliminariai sužinoti reikiamą siurblio dydį reikia padauginti šį skaičių iš namo kvadratūros. Jeigu imsime 200 m² namą gausime, kad tokiam namui vien tik šildymui reikės apie 13 kW. Jeigu jūsų šilumos siurblys ruoš ir karštą vandenį, kiekvienam vartotojui papildomai reikės dar po 0,25 kW. Taigi, jeigu jūsų šeimoje yra 4 asmenys, jums papildomai bus reikalingas 1 kW karštam vandeniui ruošti. Taigi bendras šilumos siurblio galingumas bus 14 kW. Šilumos siurblio galingumas gali būti mažinamas 15%, tačiau tokiu atveju jūs šį skirtumą dengsite elektrinio teno pagalba.

Parinkus šilumos siurblių reikia pasirinkti optimaliausią natūralios šilumos surinkimo būdą, arba kitaip kolektorių. Ilgametė šilumos siurblių gamintojų patirtis rodo, kad geriausia yra rinktis iš šių kolektorių tipų: horizontalaus, vertikalaus, vandens telkinio ir gruntinio vandens.

Pastaruoju metu žmonės renkasi ir šildymo sistemą vadinama - modifikuotas miesto centrinis šildymas. Nuo seno tradicinio centrinio šildymo jis skiriasi tuo, kad gyventojai savo butuose turės individualius šilumos energijos skaitiklius ir šilumos reguliatorius. Taigi mėgstantys šilumą galės labiau šildyti savo butus, o mėgstantys taupyti galės nusistatyti sau tinkamą temperatūrą.

Svarstant, kokią šildymo sistemą pasirinkti, būtina atsižvelgti ir į energetinių resursų brangimo tendenciją. Tiek šildymo gamtinėmis dujomis, tiek geoterminio šildymo atveju, šilumos vieneto kainos didėjimas tiesiogiai proporcingai priklauso nuo perkamų energetinių resursų (elektros energijos, dujų) kainos didėjimo. Vadinasi, jei dujos ar elektra brangsta 50%, šilumos pagaminimo kaštai tokio tipo šildymo sistemose taip pat brangsta 50%. Tuo tarpu granulinio šildymo atveju, šie turintys nuolatinę tendenciją brangti energetiniai resursai šildymo šilumos vieneto kainoje tesudaro apie 10-15 %, todėl dujoms ar elektrai pabrangus 50%, medienos granulėmis pagaminamos šilumos kaina pabrangus ne daugiau kaip apie 5-8%.

6.2.1 Šildymas dujomis

Šildymas dujomis yra patrauklus tuo, kad jis yra autonominis, t.y. nereikalauja papildomos priežiūros ir yra priskiriamas prie ekologiškų šildymo būdų. Dujiniai katilai palyginus su kitomis šildymo sistemomis yra efektyvūs, tinka tiek mažo tiek didelio ploto pastatams, yra gan ekologiški, o jų įrengimas nereikalauja daug investicijų. tačiau reiktų paminėti, jog ši sistema ne visur galima kadangi ne visi rajonai yra aprūpinti gamtinėmis dujomis. Jų neigiama savybė yra dujų kaina, kuri šiuo metu yra gana aukšta dėl to šildymo kaštai yra aukšti. Dujinių katilų kaina svyruoja nuo 870 iki 1500 eurų [10].

Ypač efektyvūs yra dujiniai kondensaciniai katilai, kurie nuo paprasto skiriasi tuo, kad dėl naujos technologijos ir degimo kameros technologijos, šiluma deginant dujas yra panaudojama du

kartus: pirmą kartą tiesiogiai nuo ugnies katile, o antrą kartą iš dūmų. Šis papildomas šilumos paėmimas iš dūmų vidutiniškai dujinio katilo naudingumą padidina 30%. Dujinių kondensacinių katilų kaina svyruoja nuo 1500 iki 2900 eurų. Todėl renkantis šį dujinį katilą reiktų pasiskaičiuoti per kiek laiko ši investicija atsipirks.

13 lentelė. Dujinio šildymo privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Nereikalauja papildomos priežiūros	Vienas brangiausių šildymo būdų
Šildo pastatą ir vandenį	Būtinai dujotiekio projektas
Aukštas katilų efektyvumas	

6.2.2. Šildymas kieto kuro katilu

Tai vienas pigiausių ir populiariausių šildymo būdų Lietuvoje, bet reikalaujantis daugiausiai priežiūros.

Įprasti kieto kuro katilai – šie katilai yra kūrenami malkomis arba briketais. Skirtumas tarp šių dviejų kuro rūšių yra tai ar malkos bus savarankiškai kapojamos ir dedamos į pečių ar bus naudojami briketus. Malkoms taip pat yra reikalinga papildoma patalpa kurioje laikomos malkos, briketai užima mažiau vietos, bet yra šiek tiek brangesni [10].

Granuliniai kieto kuro katilai – šie katilai yra kūrenami specialiomis granulėmis, kurias reikia supilti į specialią talpyklą. Priklausomai nuo talpyklos tūrio granules reikia vidutiniškai supilti kartą į savaitę dėl to šis šildymo būdas įgauna autonomiškumo ir nereikalauja tiek daug priežiūros. Šio katilo minusas yra tai, kad granulinis kieto kuro katilas gali kainuoti 2 kartus daugiau už paprastą.

14 lentelė. Šildymo kietu kuru privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Vienas pigiausių šildymo būdų	Reikalauja daug priežiūros
	Reikalinga papildoma patalpa malkoms laikyti ir džiovinti
	Palyginus mažas efektyvumas
	Sudėtingas šilto vandens paruošimas vasarą

6.2.3 Šildymas elektra

Šildymas elektra yra vienas brangiausių šildymo būdų, bet jo įrengimas reikalauja mažiausiai investicijų, įrengti visą šildymo sistemą kainuoja apie 600 eurų, be to įsivesti šį šildymą galima

savarankiškai, nes įrengimas yra nesudėtingas. Ekspertai neigiamai žiūri į šį šildymo būdą, nes metams bėgant bendra išleista suma už šildymą gali aplenkti ir geoterminį šildymą [10].

15 lentelė. Šildymo elektra privalumai ir trūkumai

Privalumai	Trūkumai
Labai mažos pradinės investicijos	Labai aukšta elektros kaina
Nesudėtingas įrengimas	

7. EKONOMINIO EFEKTYVUMO VERTINIMO METODIKA

7.1. Projekto vertinimo metodika

Vertinant investicinius projektus būtina atsižvelgti ne tik į projektuojamų pinigų srautų dydžius, bet ir įvertinti esamų bei būsimų finansų santykinę vertę, t.y. atsižvelgti į pinigų laiko vertės sąvoką. Vertinant investicinių projektų efektyvumą, naudotina metodika, kuri yra paremta diskontavimu. Investiciniai projektai gali būti vertinami naudojant keletą finansinės analizės metodų.

7.1.1. Atsipirkimo laikas

Atsipirkimo laikas - tai vienas iš paprasčiausių ir plačiausiai naudojamų būdų projekto vertei nustatyti. Atsipirkimo laikas yra apibūdinamas kaip laiko periodas, reikalingas pirminei investicijai vertei atstatyti. Investavimo galimybių palyginimui skaičiuojamas statinis ir dinaminis atsipirkimo laikas.

Statinis atsipirkimo laikas skaičiuojamas pagal formulę:

$$T_s = \frac{K}{P}; \quad (1)$$

čia K - investicijos, Lt; P - pajamos, Lt/m.

Dinaminis atsipirkimo laikas skaičiuojamas taip:

$$T_D = \frac{-\ln\left(1 - \frac{i \cdot K}{P}\right)}{\ln(1 + i)}; \quad (2)$$

čia i - diskonto norma.

Atsipirkimo laikas, įvertinantis esamąją vertę, t.y. diskontuojant visus numatomus pinigų srautus, turi tenkinti sąlygą:

$$K - \sum_{t=0}^T GP_t(1+i)^{T-t} \geq 0, \quad (3)$$

$$GP_t = BP_t - EI_t;$$

čia GP_t - grynosios metinės pajamos, Lt/m.; BP_t - bendrosios pajamos, Lt/m.; EI_t - eksploatacijos išlaidos, Lt/m [11].

Investicijų atsipirkimo laiko rodikliai apibūdina investicijų likvidumą, kuris yra atvirkščiai proporcingas rodiklių reikšmėms. Kuo atsipirkimo laiko rodiklio reikšmės mažesnės, tuo likvidumas didesnis ir projektas priimtinesnis.

Atsipirkimo laikas nėra labai tikslus projekto vertės nustatymo matas, kadangi nenumato galimybes apskaičiuoti pajamas po investicijų atsipirkimo periodo. Tačiau dėl savo paprastumo yra gana plačiai taikomas, analizuojant privataus sektoriaus nedideles investicijas.

Investiciniams projektams įvertinti, atsižvelgiant į diskonto normą, naudotini trys atskiri, bet tarpusavyje susiję metodai projekto vertei nustatyti: a) dabartinė grynoji vertė (NPV); b) pelno ir išlaidų santykis (B/C); c) vidinė pelno norma (IRR) [11].

7.1.2. Dabartinė grynoji vertė

Dabartinė grynoji vertė (NPV) - tai bendro viršpelnio, gauto per visą projekto gyvavimo laiką, dabartinės vertės matas. Jis apskaičiuojamas atėmus išlaidų srauto dabartinę vertę (PVC) iš pajamų srauto dabartinės vertės (PVB):

$$NPV = PVB - PVC.$$

Kitaip tariant, projekto dabartinė grynoji vertė yra visų projekto diskontuotų grynujų pinigų srautų suma:

$$NPV = \sum_{t=0}^k \frac{P_t - C_t}{(1+i)^t}; \quad \text{čia } P_t - t\text{-ųjų metų pajamos; } C_t - t\text{-ųjų metų išlaidos [11].}$$

Projekto grynoji dabartinė vertė akivaizdžiai kinta priklausomai nuo naudojamos diskonto normos. Juo aukštesnė diskonto norma, tuo mažesnė yra NPV . Iš principo projektas priimtinas, esant atitinkamai diskonto normai, jeigu NPV yra teigiamas: $NPV > 0$ - priimtinas variantas; $NPV < 0$ - atmestinas variantas; $NPV = 0$ - ribinis variantas.

Įplaukų ir išlaidų santykis (B/C), kitaip vadinamas investicijų rentabilumo indeksas, naudojamas nustatyti įplaukų dabartinės vertės ir išlaidų dabartinės vertės santykį:

$$B/C = \frac{PVB}{PVC}.$$

Kad projektas būtų priimtinas, reikia, jog santykis būtų $B/C \geq 1$. Santykis $B/C = 1$, rodo, kad gryno pelno dabartinė vertė yra nulinė prie tam tikros diskonto normos.

Įplaukų ir išlaidų santykį galima efektyviai panaudoti atliekant palyginamąją analizę, kadangi tai yra santykinis rodiklis, o tuo tarpu NPV yra absoliučios vertės matas. Atliekant kompleksinę analizę, jis leidžia išskirti efektyvesnį projektą tuomet, kai kitais metodais buvo gauti panašūs įvertinimai. Taip pat rekomenduojama laikytis tokių taisyklių:

jeigu:

- $B/C > 1$, tai NPV yra teigiamas ir projektas priimtinas;
- $B/C < 1$, tai NPV yra neigiamas ir projektas atmestinas;
- $B/C = 1$, tai NPV=0 ir t.y. ribinis variantas – projektas nepelningas ir nenuostolingas [11].

7.1.3. Vidinė pelno norma

Vidinę pelno normą (IRR) galima apibrėžti kaip diskonto normą, kuri sulygina išlaidų ir pajamų srautų dabartines vertes. Vidinė pelno norma laikoma diskonto koeficiento reikšmė (r), prie kurios projektų pinigų srautų dabartinė grynoji vertė yra lygi 0, t.y.:

$$IRR = r, \text{ kai } NPV = f(r) = 0$$

Kai skaičiavimo rezultatai rodo, kad NPV yra lygi 0, panaudotas analitinis metodas leidžia papildomai nustatyti, kad esant tam tikrai diskonto normai projektas atsipirks, t.y. bus sugrąžintas panaudotas kapitalas, bet be jokio viršpelnio.

Vidinė pelno norma nustatoma interpoliacijos būdu, panaudojant dvi diskonto normas: vieną - teigiamai NPV reikšmei gauti, o kitą - neigiamai NPV reikšmei:

$$IRR = r_1 + \left[(r_2 - r_1) \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \right];$$

čia r_1 - žemesnė diskonto norma; r_2 - aukštesnė diskonto norma; NPV_1 - grynoji dabartinė vertė prie žemesnės diskonto normos; NPV_2 - grynoji dabartinė vertė prie aukštesnės diskonto normos.

Šis rodiklis nusako investicijų rentabilumą ir parodo maksimalų leistiną santykinį investicijų kainos lygį, kurį viršijus projektas pasidaro nerentabilus [11].

Vidinės pelno normos metodas plačiai taikomas, kadangi jis yra žymiai konkretesnis matas efektyviam kapitalo panaudojimui nustatyti, ypačingai tose srityse, kur būtina sulyginti įvairius projektus disponuojant ribotais ištekliais.

Sprendžiant klausimą apie investicinių projektų ekonominį efektyvumą, visi trys metodai padeda gauti patikimus ir suderintus atsakymus.

8. PASTATO ŠILMOS ŠALTINIO PARINKIMO ANALIZĖ

8.1. Šilumos šaltinio variantų techninė – ekonominė analizė

8.1.1 Šilumos siurblys su horizontaliu grunto kontūru

Geoterminio šildymo sistemos su horizontaliais paviršiniais kolektoriais dėl savo pigumo yra bene populiariausios. Tai plonasieniai polietileno PE 40 mm diametro vamzdeliai, užpildyti neužšalančiu skysčiu. Jo įrengimas gana paprastas, tačiau efektyvumas, tam tikrais atvejais, abejotinas. Specialistų paskaičiavimais, iš 1 m² grunto (paviršinės uolienos), pagal reikalavimus 1 - 1,5 m gylyje įrengto horizontalaus kolektoriaus pagalba, šiluminės galios galima išgauti sekančiai:

- sausas smėlinis gruntas $q_E = 10-15 \text{ W/m}^2$;
- drėgnas smėlinis gruntas $q_E = 15-20 \text{ W/m}^2$;
- sausas molingas gruntas $q_E = 20-25 \text{ W/m}^2$;
- drėgnas molingas gruntas $q_E = 25-30 \text{ W/m}^2$;
- vandeningas sluoksnis $q_E = 30-35 \text{ W/m}^2$ [12].

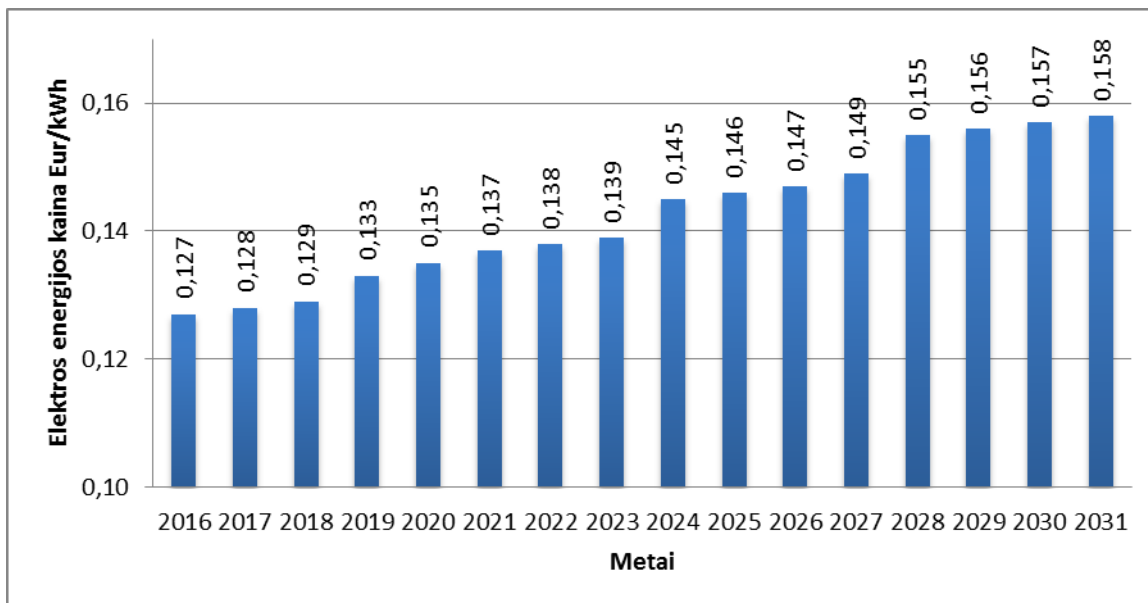
Jei paviršinis gruntas yra sausas smėlis, įrenginėti horizontalaus kolektoriaus nepatartina, nes jis nesuteiks reikalingo šilumos kiekio, o šilumos trūkumas bus kompensuojamas papildomai įrengtų elektros šildymo elementų pagalba.

Tyrimui atlikti buvo pasirinktas 120 m² ploto gyvenamasis namas. Su laisvu 7 a plotu horizontaliam kontūru įrengti. Namas pradėtas statyti 2007 metais ir baigtas 2009 metais.

Namo lauko sienos apšiltintos 15 cm storio putų polisterolu, perdanga 20 cm, grindys 12 cm. Name įrengta kombinuota šildymo sistema: radiatoriai ir grindinis šildymas. Sklypo gruntas - molis.

Ekonominiam šio varianto vertinimui reikalingos prielaidos, kurios padės įvertinti katilinės finansus per 15 metų. Priimtos prielaidos:

- Vertinimo laikotarpis 15 metų;
- Diskonto norma – 6 %;
- Elektros energijos tarifo kitimas.



11 pav. Prognozuojama elektros energijos kaina buitiniams vartotojams 2016 – 2031 m.

- Po 10 metų įmanomas kompresoriaus pakeitimas (vertinama 1500 Eur);
- Įvertintas sezoninis šilumos siurblio transformacijos koeficientas SPF – 3,7.

Visi skaičiavimai buvo atlikti naudojant NIBE DIM programa, kuri parenka reikiamos galios šilumos siurblių, apskaičiuoja energijos poreikį šildymui per metus, palygina šilumos kainą prieš ir po geoterminio šildymo sistemos įrengimo.

Tiriamajam namui buvo parinktas NIBE F-1255-6 modelio šilumos siurblys, kurio šiluminė galia 8 kW, grunto temperatūrai esant 0 °C, paduodamo į šildymo sistemą šilumnešio – 35 °C. Įvertinta, kad vamzdžio ilgis 392 m, reikalingas 4 arų laisvas žemės plotas. Tokio siurblio kaina yra 8907,85 Eur (SCOP 5,5). Siurblys turi integruotą 180 litrų karšto vandens talpą.

Taigi įvertinus įrangos, reikiamų medžiagų bei montavimo darbų kiekius, investicijų suma katilinei su šilumos siurbliu su horizontaliu po žeme užkasamu grunto kontūru sudarytą 10847 Eur.

Pagal priimtas prielaidas atlikus ekonominį skaičiavimą, gauta, kad diskontuota šiluminės energijos kaina per 15 metų – 0,055 Eur/kWh.

12 paveiksle parodyta kaip keičiasi metinės išlaidos energijai prieš ir po geoterminio šildymo įrengimo, lyginant su šildymu elektra.

METINĖS IŠLAIDOS ENERGIJAI

IŠLAIDOS ENERGIJAI PRIEŠ SUMONTAVIMĄ

Išlaidos energijai	1 936 €
Išlaidos aptarnavimui	300 €
Fiksuotos išlaidos	0 €
Viso išlaidų	2 236 €

IŠLAIDOS ENERGIJAI PO SUMONTAVIMO

Išlaidos energijai	536 €
Išlaidos aptarnavimui	300 €
Fiksuotos išlaidos	0 €
Viso išlaidų	836 €

METINIS TAUPYMAS

Energijos taupymas	1 400 €
Taupymas, aptarnavimui	0 €
Taupymas, fiksuotų išlaidų	0 €
Viso taupymas	1 400 €

12 pav. Metinės išlaidos energijai prieš ir po geoterminio šildymo sistemos įrengimo
Detalizuotas skaičiavimas pateiktas 16 lentelėje.

16 lentelė. Šilumos siurblys su horizontaliu grunto kontūru, 120 m²

Šilumos siurblys su horizontaliu grunto kontūru, 120 kv. m.

Įvesties duomenys	Metai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Skaičiuojamas laikotarpis	Metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Metinis energijos kiekis šildymui	kWh	19355															
Metinis energijos kiekis karštam vandeniui	kWh	5000															
Viso energijos	kWh	24355															
Šildymo sistemos n.v.k.		1															
Karšto vandens sistemos n.v.k.		0,9															
Metinis elektros energijos poreikis	kWh	24686															
Šiluminis transformacijos koeficientas		3,7															
Šiluminis elektros energijos suvartojimas	kWh	6672															
Elektros energijos kaina	Eur/kWh	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Investicijos	Eur	10847									1500						
Diskontuotos investicijos	Eur	10847									838						
Diskontuotų investicijų suma	Eur	11685															
Išlaidos eksploatacijai, viso:	Eur		854	861	887	901	914	921	927	967	974	981	994	1034	1041	1047	1054
Metinis elektros poreikis šilumai	kWh		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Elektros kaina	Eur/kWh		0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Išlaidos elektrai šilumai	Eur		45	45,15	47	47	48	48	49	51	51	51	52	54	55	55	55
Energijos kaina			899	905,82	934	948	962	969	976	1018	1025	1032	1046	1088	1095	1102	1109
Energijos/kuro dėdamoji	Eur/kWh		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Diskonto norma		6%															
Diskonto faktorius		1	0,943	0,890	0,840	0,792	0,747	0,705	0,665	0,627	0,592	0,558	0,527	0,497	0,469	0,340	0,001
Diskontuotos išlaidos	Eur	11685	806	766	745	713	683	649	617	607	577	548	524	514	488	357	1

Diskontuotų išlaidų suma	Eur	20278
Sąlyginė šilumos kaina per 15 metų	Eur/kWh	0,055

8.1.2 Šilumos siurblys su horizontaliu ir tvenkinį panardintu kontūru

Tyrime daroma prielaida, kad pastatas stovi netoli vandens tvenkinio. Tokiu atveju šilumos šaltiniu tampa vanduo. Kolektorius (plastikiniai vamzdžiai, kuriuose cirkuliuoja neužšalancio skysčio ir vandens mišinys) nuleidžiamas į vandens telkinio dugną. Kadangi sistema uždara, nėra jokio neigiamo poveikio vandens telkiniui.

Šio varianto vertinime visa įranga išskyrus grunto kontūrą yra tokia pati kaip nagrinėta prieš tai esančiame skyriuje. Įvertinus įrangos, reikiamų medžiagų bei montavimo darbų kiekius, investicijų suma katilinei su šilumos siurbliu su horizontaliu ir žemę užkasamu grunto kontūru

sudarytų 9987 Eur.

Pagal priimtas prielaidas atlikus ekonominį skaičiavimą, gauta, kad diskontuota šiluminės energijos kaina per 15 metų – 0,052 Eur/kWh. Detalizuotas skaičiavimas pateiktas 17 lentelėje.

17 lentelė. Šilumos siurblys su horizontaliu į vandenį panardintu kontūru, 120 m²

Šilumos siurblys su horizontaliu į vandenį panardintu kontūru, 120 m², 2023 v.m.

Įvesties duomenys		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Skaičiuojamas laikotarpis	Metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Metinis energijos šildymui	kWh	19355															
Metinis energijos šildymui	kWh	5000															
Viso energijos	kWh	24355															
Šildymo sistemos š.v.k.		1															
Karšto vandens sistemos š.v.k.		0,9															
Metinis elektros poreikis	kWh	24686															
Šiluminės transformacijos koeficientas		3,7															
Šiluminės elektros energijos suvartojimas	kWh	6672															
Elektros energijos kaina	Eur/kWh	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Investicijos	Eur	9987										1500					
Diskontuotos investicijos	Eur	9987										838					
Diskontuotų investicijų suma	Eur	10825															
Išlaidos eksploatacijai, viso:	Eur		854	861	887	901	914	921	927	967	974	981	994	1034	1041	1047	1054
Metinis elektros poreikis siurbliui	kWh		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Elektros kaina	Eur/kWh		0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Išlaidos elektrai siurbliams	Eur		45	45,15	47	47	48	48	49	51	51	51	52	54	55	55	55
Energijos kaina			899	905,82	934	948	962	969	976	1018	1025	1032	1046	1088	1095	1102	1109
Energijos/kuro sąnaudos	Eur/kWh		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Diskonto norma		6%															
Diskonto faktorius		1	0,943	0,890	0,840	0,792	0,747	0,705	0,665	0,627	0,592	0,558	0,527	0,497	0,469	0,340	0,001
Diskontuotos išlaidos	Eur	10825	806	766	745	713	683	649	617	607	577	548	524	514	488	357	1

Diskontuotų išlaidų suma	Eur	19418
Sąlyginė šilumos kaina per 15 metų	Eur/kWh	0,052

8.1.3 Šilumos siurblys su vertikaliu grunto kontūru

Vertikalus kolektorius - labai patikimas būdas surinkti aplinkos šilumą, o jo užimamas plotas yra labai mažas, nes šiluma surenkama iš gręžinio. Be to, tokiu kolektoriumi galima vėsinti patalpas vasaros metu.

Įrengimas - vienas ar keli gręžiniai nuo 50 iki 100 metrų gylio. Į gręžinius suleidžiami PED32 ar PED40 U formos vamzdžiai užpildomi neužšalantiu skysčiu, kuris cirkuliuodamas perneša žemėje esančią šilumą į šilumos siurblių. Šilumos siurblys savo ruožtu perduoda šilumą šildymo sistemai. Šios sistemos labai didelis privalumas - pastovus šilumos šaltinis, kadangi temperatūra gilesniuose grunto sluoksniuose nusistovi apie 10°C temperatūra. Didelis COP (naudingumo koeficientas). Tačiau kaina yra gerokai didesnė nei kitų nagrinėtų variantų, kadangi žemės gręžinių kaina labai didelė. Įvertinus įrangos, reikiamų medžiagų bei montavimo darbų kiekius, investicijų suma katilinei su šilumos siurbliu vertikaliu grunto kontūru sudarytų 14985 Eur.

Pagal priimtas prielaidas atlikus ekonominį skaičiavimą, gauta, kad diskontuota šiluminės energijos kaina per 15 metų – 0,066 Eur/kWh. Detalizuotas skaičiavimas pateiktas 18 lentelėje.

18 lentelė. Šilumos siurblys su vertikaliu grunto kontūru, 120 m²

Šilumos siurblys su vertikaliu grunto kontūru, 120 kv.m.

Investicijos	Metai	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Skaičiuojamas laikotarpis	Metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Metinis energijos kiekis šildymui	kWh	19355															
Metinis energijos kiekis karštam vandeniui	kWh	5000															
Viso energijos	kWh	24355															
Šildymo sistemos n.v.k.		1															
Karšto vandens sistemos n.v.k.		0,9															
Metinis elektros energijos poreikis	kWh	24686															
Šiluminės transformacijos koeficientas		3,7															
Šiluminės elektros energijos suvartojimas	kWh	6672															
Elektros energijos kaina	Eur/kWh	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Investicijos	Eur	14985										1500					
Diskontuotos investicijos	Eur	14985										838					
Diskontuotų investicijų suma	Eur	15823															
Išlaidos eksploatacijai, viso:	Eur		854	861	887	901	914	921	927	967	974	981	994	1034	1041	1047	1054
Metinis elektros poreikis šilumai	kWh		350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350
Elektros kaina	Eur/kWh		0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Išlaidos elektrai šilumai	Eur		45	45,15	47	47	48	48	49	51	51	51	52	54	55	55	55
Energijos kaina			899	905,82	934	948	962	969	976	1018	1025	1032	1046	1088	1095	1102	1109
Energijos/kuro sąnaudos	Eur/kWh		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Diskonto norma	6%																
Diskonto faktorius			1	0,943	0,890	0,840	0,792	0,747	0,705	0,665	0,627	0,592	0,558	0,527	0,497	0,469	0,340
Diskontuotos išlaidos	Eur	15823	806	766	745	713	683	649	617	607	577	548	524	514	488	357	1

Diskontuotų išlaidų suma	Eur	24416
Sąlyginė šilumos kaina per 15 metų	Eur/kWh	0,066

8.1.4 Šilumos siurblys oras-vanduo

Šilumos siurblys oras-vanduo veikia šilumos perkėlimo principu: aušinamas lauko oras, o šiluma, gauta kaip aušinimo proceso produktas, perduodama per šilumokaitį skysčiui, kuris panaudojamas patalpos ar vandens šildymui. Taip uždaras šaltnešio (freono) ciklas vyksta esant tam tikram slėgiui ir temperatūrai. Šaltomis žiemos dienomis tokių siurblių efektyvumas krenta. Šilumą, kurios negali pasiimti iš aplinkos, oras-vanduo šilumos siurbliai kompensuoja elektrinių tenų pagalba.

Tačiau įsirengiant šią sistemą nereikia didelių investicijų į žemės darbus, t.y. nereikalingas grunto kontūrūras ar brangūs gręžiniai.

Tiriamajam namui buvo parinktas NIBE F-2040-8 modelio šilumos siurblys. Lauko oro šilumos siurblys oras-vanduo. Gali atlikti šildymo ir karšto vandens ruošimo funkcijas. Gali būti jungiamas su saulės kolektoriais, skysto kuro, dujiniais ar kieto kuro katilais. Tokio siurblio kaina yra 4383 Eur (SCOP 4,65). Taigi įvertinus įrangos, reikiamų medžiagų bei montavimo darbų kiekius, investicijų suma katilinei su šilumos siurbliu sudarytų 7251 Eur. Įvertintas sezoninis šilumos siurblio transformacijos koeficientas SPF – 2,7.

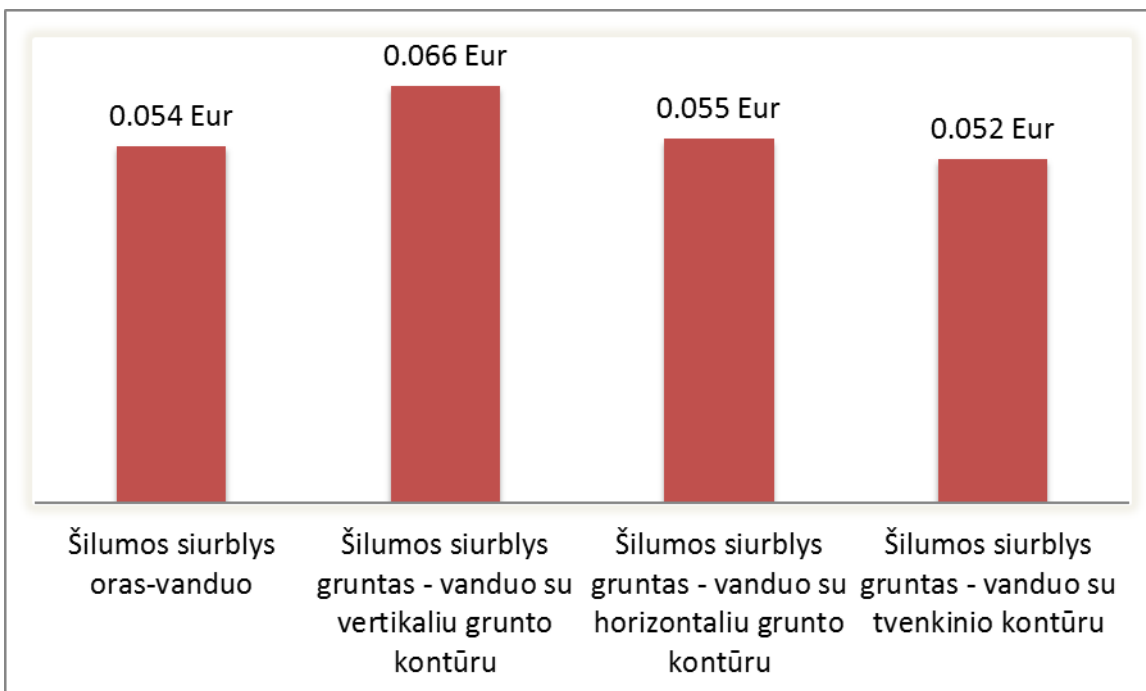
Pagal priimtas prielaidas atlikus ekonominį skaičiavimą, gauta, kad diskontuota šiluminės energijos kaina per 15 metų – 0,054 Eur/kWh.

Atliekant šio varianto ekonominį vertinimą laikomasi tų pačių prielaidų kaip ir kituose variantuose. Detalizuotas skaičiavimas pateiktas 19 lentelėje.

19 lentelė. Šilumos siurblys oras – vanduo ,120 m²

Šilumos siurblys oras – vanduo, 120 kv. m.		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Skaičiuojamas laikotarpis	Metai	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Metinis energijos kiekis šildymui	kWh	19355															
Metinis energijos kiekis karštam vandeniui	kWh	5000															
Viso energijos	kWh	24355															
Šildymo sistemos š.v.k.		1															
Karšto vandens sistemos š.v.k.		0,9															
Metinis elektros energijos poreikis	kWh	24686															
Šiluminis transformacijos koeficientas		2,7															
Šiluminis elektros energijos suvartojimas	kWh	9143															
Elektros energijos kaina	Eur/kWh	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Investicijos	Eur	7251									1500						
Diskontuotos investicijos	Eur	7251									838						
Diskontuotų investicijų suma	Eur	8089															
Išlaidos eksploatacijai, viso:	Eur		1170	1179	1216	1234	1253	1262	1271	1326	1335	1344	1362	1417	1426	1435	1445
Metinis elektros poreikis šilumai	kWh		220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Elektros kaina	Eur/kWh		0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
Išlaidos elektrai šilumai	Eur		28	28,38	29	30	30	30	31	32	32	32	33	34	34	35	35
Energijos kaina			1198	1208	1245	1264	1283	1292	1301	1358	1367	1376	1395	1451	1461	1470	1479
Energijos/kuro dėdamosi	Eur/kWh		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Diskonto norma	6%																
Diskonto faktorius		1	0,943	0,890	0,840	0,792	0,747	0,705	0,665	0,627	0,592	0,558	0,527	0,497	0,469	0,340	0,001
Diskontuotos išlaidos	Eur	8089	1104	1050	1021	978	936	889	845	832	790	750	718	704	669	489	1
Diskontuotų išlaidų suma	Eur		19865														
Sąlyginė šilumos kaina per 15 metų	Eur/kWh		0,054														

8.1.5 Variantų apibendrinimas



13 pav. Diskontuota energijos kaina per 15 metų

20 lentelė. Šildymo būdo variantų investicijos, diskontuotos išlaidos, diskontuota energijos kaina

Šildymo būdas	Investicijos, Eur su PVM	Diskontuotos išlaidos per 15 metų, Eur	Diskontuota energijos kaina per 15 metų, Eur
ŠS (gruntas/ vanduo) su horizontaliu grunto kontūru	10847	20.838	0,055
ŠS (gruntas/ vanduo) su horizontaliu tvenkinio kontūru	9987	19.978	0,052
ŠS (gruntas/ vanduo) su vertikaliu grunto kontūru	14985	24.976	0,066
ŠS oras - vanduo	7251	20.632	0,054

Iš rezultatų matyti, kad ekonominiu požiūriu naudingiausias geoterminis šildymas - šilumos siurblys (gruntas – vanduo) su horizontaliu į tvenkinį panardintu kontūru. Toliau šilumos siurblys oras – vanduo ir šilumos siurblys su horizontaliu grunto kontūru.

9. SAULĖS KOLEKTORIŲ SISTEMOS BUITINIO KARŠTO VANDENS Ruošimui (su plokščiaisiais saulės kolektoriais) OPTIMALAUS VARIANTO PARINKIMAS BEI EKONOMIS ĮVERTINIMAS

Planuojama, kad name gyvens 5 žmonės t.y. 5 buitinio karšto vandens vartotojai. Vartotojų karšto vandens poreikis vertinamas kaip 50 litrų/parą vienam žmogui, kurio temperatūra 55 °C.

Pagal šį karšto vandens poreikį gaunama, kad per metus karšto vandens ruošimui bus suvartota apie 5000 kWh, įvertinus, šalto vandens temperatūros pokyčius priklausomai nuo sezono (vasarą – 12 °C, žiemą – 4 °C).

Paskaičiuota, kad optimaliausia saulės kolektorių sistema tokiam karšto vandens poreikiui tenkinti (detalizuoti skaičiavimo duomenys pateikiami sekančiame puslapyje):

- 3 x Plokštieji saulės kolektoriai, bendras aktyvusis (absorberio) plotas – 6,57 m²;
- 1 x 500 l karšto vandens nerūdijančio plieno akumuliacinė talpa su dviem vidiniais šilumokaičiais bei elektriniu kaitintuvu;
- 1 x siurblio modulio;
- 1 x diferencialinio valdiklio.

Paskaičiuota, kad tokia karšto vandens ruošimo sistema padengtų iki 49 % metinio šilumos poreikio karštam vandeniui.

Investicijos saulės kolektorių sistemai (medžiagos + montavimo darbai) – 3062 Eur. Tokia sistema atsipirktų per 7,1 metų.

Visi skaičiavimai buvo atlikti naudojantis RETScreen4 programa.

Project information [See project database](#)

Project name: Individualus namas

Project location: Kaunas

Prepared for: Lina Baltikauskaitė

Prepared by: Lina Baltikauskaitė

Project type: Heating

Technology: Solar water heater

Analysis type: Method 1

Heating value reference: Higher heating value (HHV)

Show settings:

Site reference conditions [Select climate data location](#)

Climate data location: Kaunas

Show data:

14 pav. Projekto informacija

Unit	Climate data location		Project location	
	Climate data location	Project location	Climate data location	Project location
Latitude	'N	54,9	54,9	
Longitude	'E	23,8	23,8	
Elevation	m	77	77	
Heating design temperature	°C	-16,0		
Cooling design temperature	°C	26,1		
Earth temperature amplitude	°C	20,0		

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	-5,2	86,2%	0,54	100,7	4,9	-4,9	719	0
February	-4,3	83,4%	1,23	100,8	4,3	-4,0	624	0
March	-0,4	78,5%	2,32	100,7	4,4	0,1	570	0
April	5,8	71,3%	3,54	100,5	3,9	7,4	366	0
May	12,4	68,6%	5,16	100,6	3,4	13,9	174	74
June	15,8	73,9%	5,65	100,5	3,2	17,2	66	174
July	16,9	74,9%	5,19	100,4	3,1	19,6	34	214
August	16,4	75,7%	4,31	100,5	3,1	19,0	50	198
September	11,9	81,0%	2,72	100,6	3,7	13,3	183	57
October	7,1	84,5%	1,39	100,8	4,3	7,4	338	0
November	1,8	87,3%	0,55	100,5	4,6	0,7	486	0
December	-2,3	87,8%	0,33	100,5	4,8	-3,8	629	0
Annual	6,4	79,4%	2,75	100,6	4,0	7,2	4.240	718
Measured at	m				10,0	0,0		

15 pav. Rajono sąlygos, mėnesiniai rodikliai

Technology		Solar water heater			
Load characteristics		<input type="radio"/> Swimming pool <input checked="" type="radio"/> Hot water			
Application		Unit	Base case	Proposed case	
Load type		House			
Number of units		Occupant	5		
Occupancy rate		%	100%		
Daily hot water use - estimated		L/d	300		
Daily hot water use		L/d	250	250	
Temperature		°C	55	55	
Operating days per week		d	7	7	
<input type="checkbox"/> Percent of month used					
Supply temperature method		Formula			
Water temperature - minimum		°C	2,3		
Water temperature - maximum		°C	10,1		
Heating		Unit	Base case	Proposed case	Energy saved
		MWh	5,2	5,2	0%
Resource assessment					
Solar tracking mode		Fixed			
Slope		°	45,0		
Azimuth		°	10,0		
<input checked="" type="checkbox"/> Show data		Daily solar radiation - horizontal		Daily solar radiation - tilted	
		Month	kWh/m²/d	kWh/m²/d	
		January	0,54	1,19	
		February	1,23	2,24	
		March	2,32	3,17	
		April	3,54	3,94	
		May	5,16	5,11	
		June	5,65	5,28	
		July	5,19	4,96	
		August	4,31	4,59	
		September	2,72	3,38	
		October	1,39	2,14	
		November	0,55	1,09	
		December	0,33	0,92	
		Annual	2,75	3,17	
Annual solar radiation - horizontal		MWh/m²	1,00		
Annual solar radiation - tilted		MWh/m²	1,16		
Solar water heater					
Type		Glazed			
Manufacturer		Basicx			
Model		2,51			
Gross area per solar collector		m²	2,51		
Aperture area per solar collector		m²	2,19		
Fr (tau alpha) coefficient			0,79		
Fr UL coefficient		(W/m²)/°C	2,35		
Temperature coefficient for Fr UL		(W/m²)/°C²	0,020		
Number of collectors			3	3	
Solar collector area		m²	7,53		
Capacity		kW	4,60		
Miscellaneous losses		%	2,0%		
Balance of system & miscellaneous					
Storage		Yes			
Storage capacity / solar collector area		L/m²	61		
Storage capacity		L	400,1		
Heat exchanger		yes/no	Yes		
Heat exchanger efficiency		%	95,0%		
Miscellaneous losses		%	95,0%		
Pump power / solar collector area		W/m²	1,00		
Electricity rate		€/kWh	0,127		
Summary					
Electricity - pump		MWh	0,0		
Heating delivered		MWh	2,0		
Solar fraction		%	39%		
<input type="checkbox"/> Heating system		Base case		Proposed case	
Project verification		Electricity		Electricity	
Fuel type		90%		90%	
Seasonal efficiency		5,8		3,5	
Fuel consumption - annual		MWh	5,8	3,5	
Fuel rate		€/kWh	0,127	0,127	
Fuel cost		€	730	443	

16 pav. Sistemos charakteristikos

Išvados

1. Atlikta skatinimo priemonių analizė parodė, kad atsinaujinančių energijos išteklių, ir žemės gelmių šiluminės energijos išteklių panaudojimas skatinamas skiriant lėšų iš Klimato kaitos specialiosios programos, kurioje yra numatomos subsidijos ir kompensacijos geoterminės energijos naudojimui visuomenės ir gyvenamosios (įvairių socialinių grupių asmenims) paskirties pastatuose, tiek ir jos naudojimui individualiuose gyvenamosios paskirties pastatuose.
2. Lietuvoje yra išskirtinai geros geologinės sąlygos. Tokios sąlygos sudaro geras galimybes jėgainės įrengimui, tačiau kristalinio pamato uolienoms trūksta pagrindinės komponentės jėgainės įrengimui – požeminio vandens, kurį panaudojus būtų galima tas aukštas temperatūras eksploatuoti. Elektros energijos gamyba iš geoterminių resursų Lietuvoje bent jau artimiausius kelis dešimtmečius nereali ir ekonomiškai nenaudinga.
3. Geoterminės energijos technologijų panaudojimo analizė parodė, kad labiausiai paplitusi požeminės šilumos panaudojimo technologija, tiek Lietuvoje, tiek užsienyje decentralizuotam pastatų šildymui naudojamas žemos temperatūros paviršinio grunto (1,2-3 metrų gylyje) ir gręžinių (iki 120 metrų gylio) šiluma. Temperatūros pakėlimui iki reikiamos šildymo sistemos temperatūros naudojami šilumos siurbliai.
4. Šiuo metu geoterminis šildymas vis dar išlieka vienas brangiausių, dėl didelių investicijų kaštų.
5. Sprendžiant šildymo sistemų alternatyvų palyginimo ekonominio rentabilumo uždavinį, būtina atsižvelgti ir į energetinių resursų brangimo tendenciją. Tiek šildymo gamtinėmis dujomis, tiek geoterminio šildymo atveju, šilumos vieneto kainos didėjimas tiesiogiai proporcingai priklauso nuo perkamų energetinių resursų (elektros energijos, dujų) kainos didėjimo. Vadinasi, jei dujos ar elektra brangsta 50%, šilumos pagaminimo kaštai tokio tipo šildymo sistemose taip pat brangsta 50%.
6. Atlikus ekonominį įvertinimą nustatyta, kad ekonomiškai naudingiausia katilinė su šilumos siurbliu, kurio žemo potencialo šilumos šaltinis tvenkinio vanduo (su horizontaliu tvenkinio kontūru), tokios katilinės bendros investicijos sudarytų 9987 Eur, o diskontuota energijos kaina per 15 metų – 0,052 Eur/ kWh.
7. Atlikus ekonominį tyrimą nustatyta, kad dėl didelių investicijų kaštų, brangiausias geoterminis šildymas yra šilumos siurblys su vertikaliu grunto kontūru, diskontuota šiluminės energijos kaina per 15 metų – 0,066 Eur/kWh
8. Parinkta optimali saulės kolektorių sistema padengtų iki 49 % šilumos poreikio reikalingo metiniam karšto vandens ruošimui. Tokia investicija, su įrengimu ir pilna sistema kainuotų 3026 Eur, o atsipirktų per 7,1 metų.

Literatūra

1. Saulius Šliaupa. Žemės šilumos panaudojimo elektros energijos gamybai perspektyvos Lietuvoje. Iš *Ateities energija*. Žiūrėta [2016-04-09]. Prieiga per internetą: <http://www.ateitiesenergija.lt/>.
2. Žiūrėta [2016-04-09]. Prieiga per internetą: <http://www.geoterma.lt/>.
3. Virginija Spurytė. Visus metus veikiantys geoterminio vandens lauko baseinai. Iš *Delfi*. 2015, vasaris. Žiūrėta [2016-04-11]. Prieiga per internetą: <http://www.delfi.lt/>.
4. Ruggero Bertani. Geothermal Power Generation in the World 2010-2014 Update Report. 2015, balandis. Žiūrėta [2016-04-11]. Prieiga per internetą: <http://www.pangea.stanford.edu/>.
5. Gytis Kapsevičius. Geoterminis šildymas: kaip tai veikia ir kada tai naudinga. Iš *Delfi*. Žiūrėta [2016-04-11]. Prieiga per internetą: <http://www.delfi.lt/>.
6. Geoterminis šildymas. Iš *Mano namai*. 2013, liepa. Žiūrėta [2016-04-12]. Prieiga per internetą: <http://www.manonamai.lt/>.
7. Žiūrėta [2016-04-12]. Prieiga per internetą: <http://www.viadrus.lt/>.
8. Atsinaujinančių energijos šaltinių gamyba ir naudojimas. Iš *Mano ūkis*. Žiūrėta [2016-04-15]. Prieiga per internetą: <http://www.manoukis.lt/>.
9. Šilumos siurblys jūsų name – racionalus sprendimas. Iš *Statyba jums*. Prieiga per internetą: <http://www.statybajums.lt/>.
10. Žiūrėta [2016-04-15]. Prieiga per internetą: <http://www.renovacija.lt/>
11. Projekto įvertinimo metodika. 2012, rugpjūtis. Žiūrėta [2016-04-]. Prieiga per internetą: <http://www.mokytojas.lt/>.
12. Geoterminis šildymas su vertikaliais zondais. Iš *Ekspertai*. Žiūrėta [2016-04-]. Prieiga per internetą: <http://www.ekspertai.lt/>.
13. Geothermal power plants: principles, applications, case studies, and environmental impact. DiPippo, Ronald, 2012
13. Žiūrėta [2016-04-14]. Prieiga per internetą: [http://www.nrcan.gc.ca](http://www.nrcan.gc.ca;);
14. Žiūrėta [2016-04-14]. Prieiga per internetą: www.technologijos.lt
15. Žiūrėta [2016-04-14]. Prieiga per internetą <http://www.renewableenergyworld.com>